

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE QUITO**

**CARRERA:**  
**INGENIERÍA MECÁNICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:**  
**INGENIEROS MECÁNICOS**

**TEMA:**  
**ENSAYO DE TINTAS PENETRANTES FLUORESCENTES PARA EVALUAR  
LA CALIDAD DE LA SOLDADURA, EN UNA TINA UTILIZADA PARA  
FERMENTAR MOSTO DE MORTIÑO CON UNA CAPACIDAD DE 1000 LT,  
UBICADA EN LA COMUNIDAD DE QUINTICUSIG.**

**AUTOR:**  
**SEBASTIÁN ESPARTACO GÓMEZ TRUJILLO**  
**JEAN PIERRE IZQUIERDO SERRANO**

**TUTOR:**  
**MILTON SALOMÓN JAMI LEMA**

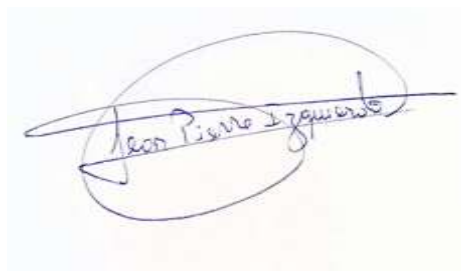
**Quito, julio del 2021**

## **CESIÓN DE DERECHOS DE LOS AUTORES**

Nosotros Sebastián Espartaco Gómez Trujillo y Jean Pierre Izquierdo Serrano, con documento/s de identificación N° 1723505952 y N° 1724073893, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación titulado: ENSAYO DE TINTAS PENETRANTES FLUORESCENTES PARA EVALUAR LA CALIDAD DE LA SOLDADURA, EN UNA TINA UTILIZADA PARA FERMENTAR MOSTO DE MORTIÑO CON UNA CAPACIDAD DE 1000 LT, UBICADA EN LA COMUNIDAD DE QUINTICUSIG, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Mecánico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, julio del 2021



---

Jean Pierre Izquierdo Serrano

C.I. 1724073893



---

Sebastián Espartaco Gómez Trujillo

C.I. 1723505952

## **DECLARATORIA DE COAUTORÍA**

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Trabajo de Titulación, ENSAYO DE TINTAS PENETRANTES FLUORESCENTES PARA EVALUAR LA CALIDAD DE LA SOLDADURA, EN UNA TINA UTILIZADA PARA FERMENTAR MOSTO DE MORTIÑO CON UNA CAPACIDAD DE 1000 LT, UBICADA EN LA COMUNIDAD DE QUINTICUSIG , realizado por Jean Pierre Izquierdo Serrano y Sebastián Espartaco Gómez Trujillo , obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerado como trabajo final de titulación.

Quito, julio del 2021.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Milton Salomón Jami Lema', is written over a horizontal line.

Milton Salomón Jami Lema

C.I. 1707254171

## **DEDICATORIA**

A Dios por darme fuerzas y el privilegio de tener a mis Padres a mi lado, quienes son un pilar fundamental en mi vida, gracias a ellos por todo y tanto. De igual manera a mis hermanas que gracias a ellas con su entusiasmo y consejos me ayudaron a seguir adelante.

A mi compañero de estudio y ahora amigo de vida y profesión, por buenos y malos momentos se logró llegar a la meta.

Gracias a mi familia y gente que en el camino de estos años fui conociendo, logré culminar una parte importante en mi vida.

*Jean Pierre*

## DEDICATORIA

A Dios sin él no soy nada, por darme vida, salud, familia que son los pilares fundamentales para este logro.

A mis abuelitos que en paz descansen que siempre me apoyaron en todo momento, por sus consejos su sabiduría y su amor, gracias a ellos soy lo que soy hoy en día.

A mis padres Lidia y Stalin por su amor incondicional, siempre cuento con ellos en las buenas y en las malas son ejemplo de valentía, amor y sabiduría, los amo.

A mis hermanos Santiago y Lenin fieles a los suyos, con ellos lo tengo todo hermanos, amigos, cómplices son un ejemplo de superación me enseñaron que con esfuerzo y amor puedes lograr tus sueños.

A mi cuñada Claudia muchas veces la única que me entiende y puedo conversar de todo, aconsejándome y ayudándome a sobrellevar los problemas. Me has enseñado de que a pesar de que la vida te golpee siempre tienes que tener la frente en alto, sonreír y seguir adelante.

A Thiago Jesús un milagro del cielo, que llego para llenar de amor y alegría a la familia, un ejemplo de valentía, fuerza y amor a la vida.

A mi mejor amigo, Tito con tu ternura y amor incondicional me haces feliz todos los días y me animas a perseguir mis sueños. Con tu compañía tus ladridos y lengüetazos siento paz y fuerzas para seguir luchando y cumpliendo mis metas. A mi Panchito te nos fuiste antes de hora, pero vivirás por siempre en mi mente y en mi corazón.

A toda mi familia que sé que tengo las puertas abiertas de su hogar siempre que lo necesité, de quienes aprendí el significado de unión, debemos seguir con el legado de Papatoñito y Pepita pese a todos los problemas.

A todos mis amigos, en especial a Mateo y Miguel, que a lo largo de todos estos años hemos pasado mil cosas sobrellevando las dificultades que la vida nos ha puesto. A mi compañero, amigo y colega Jean Pierre entre peleas, risas, dificultades hemos avanzado cada nivel. Comenzamos la carrera como desconocidos y a lo largo del camino nos hicimos amigos, ahora estamos terminando juntos la Universidad.

*Sebastián*

## **AGRADECIMIENTO**

A los Ingenieros Milton Jami y Marcos A Hechavarria, que gracias a su apoyo y consejos para mejorar este trabajo de titulación se logró culminar y cumplir la meta planteada al inicio. A la empresa Perla Andina por permitirnos desarrollar este proyecto en sus instalaciones y a todo el personal que labora ahí, que fueron muy amables y nos ayudaron en todo sin ningún tipo de compromiso.

Y a todos nuestros familiares que han sido un soporte y parte fundamental para la realización de este trabajo.

***Jean Pierre y Sebastián***

## ÍNDICE GENERAL

CESIÓN DE DERECHOS DE LOS AUTORES .....	i
DECLARATORIA DE COAUTORÍA .....	ii
DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTO .....	v
ÍNDICE GENERAL .....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	x
GLOSARIO DE TÉRMINOS .....	xi
RESUMEN .....	xiii
ABSTRACT .....	xiv
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I .....	6
MARCO TEÓRICO .....	6
1.1 Soldaduras en aceros AISI 304 .....	6
1.2 Soldadura en acero inoxidable .....	7
1.3 Clasificación de los aceros inoxidables.....	8
1.4 Defectos en soldaduras de aceros inoxidables .....	9
1.5 Soldadura TIG .....	12
1.6 Marmitas.....	15
1.7 Tina de Fermentación.....	15
1.8 Mosto de mortíño .....	16
1.9 El examen por líquidos penetrantes .....	16
1.10 Clasificación de penetrantes y métodos .....	17
1.11 Normas para ensayos de tintas penetrantes .....	18
1.12 Efectos de la temperatura en el ensayo .....	19
1.13 Detalle del procedimiento a seguir.....	19
1.14 Procedimiento del ensayo de tintas penetrantes fluorescentes con el método C (removible con solvente) según Met-L-Chek.....	21
1.15 Flujograma general del procedimiento para aplicación de líquidos penetrantes.	24
1.16 Flujograma del procedimiento para la aplicación del ensayo de tintas penetrantes Tipo 1 Método C .....	25
1.17 Ventajas y desventajas del ensayo .....	26
1.18 Tiempo de penetración mínimo según la discontinuidad.....	27
1.19 Tiempo de revelado .....	28

1.20	Discontinuidades típicas detectadas mediante líquidos penetrantes .....	29
1.21	Discontinuidad, indicación y defecto .....	30
1.22	Indicaciones típicas que genera el ensayo de líquidos penetrantes .....	31
1.23	Requisitos del procedimiento para la inspección por líquidos penetrantes.....	32
1.24	Equipo para ensayo por líquidos penetrantes fluorescentes .....	34
1.25	Examinación del penetrante fluorescente según norma ASTM E-165 .....	36
1.26	Criterios para la aceptación de inspección visual según AWS D1.1 .....	37
1.27	Criterios de aceptación por el método de líquidos penetrantes según ASME SECCION VIII DIVISION I APENDICE 8 .....	41
1.28	Requisitos generales del procedimiento según ASME SECCIÓN V ARTÍCULO 6.....	42
1.29	Requerimientos generales del procedimiento según ASTM E 1417-05 .....	47
CAPÍTULO II.....		50
MARCO METODOLÓGICO .....		50
2.1	Enfoque .....	50
2.2	Modalidad y tipo de la investigación .....	50
2.3	Población y muestra .....	51
2.4	Desarrollo del ensayo .....	51
2.5	Administración.....	56
2.6	Operacionalización de variables.....	59
CAPÍTULO III .....		61
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....		61
3.1	Proceso de análisis de resultados .....	62
3.2	Presentación de resultados .....	66
3.3	Interpretación de resultados .....	88
3.4	Análisis ambiental .....	91
3.5	Análisis económico. ....	92
CONCLUSIONES .....		95
RECOMENDACIONES .....		97
BIBLIOGRAFÍA .....		98
ANEXOS		



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Árbol genealógico de los aceros inoxidables [16].	8
Figura 2. Ejemplo de una grieta en la soldadura [18].	10
Figura 3. Ejemplo de una cavidad central de la soldadura [19].	10
Figura 4. Ejemplo de porosidades en la soldadura [20].	10
Figura 5. Ejemplo de falta de fusión en la soldadura [21].	11
Figura 6. Gotas de tungsteno erosionado puede transferirse desde el electrodo, por el calor generado por el arco, y quedarse acoplado en el baño de fusión [26].	13
Figura 7. La distribución de calor entre el electrodo de tungsteno y el trabajo con cada tipo de corriente [26].	13
Figura 8. Etapa de pre-limpieza [35].	21
Figura 9. Aplicación de penetrante [35].	22
Figura 10. Remoción del exceso de penetrante [35].	22
Figura 11. Aplicación de revelador [35].	23
Figura 12. Examinación con luz ultravioleta [35].	23
Figura 13. Flujograma del ensayo de tintas penetrantes.	24
Figura 14. Flujograma del ensayo de tintas penetrantes Tipo I Método C.	25
Figura 15. Indicación lineal	31
Figura 16. Indicación lineal intermitente.	32
Figura 17. Indicación redonda.	32
Figura 18. Indicación difusa o débil.	32
Figura 19. Longitud de onda del espectro electromagnético [40].	34
Figura 20. Lámpara de vapor de mercurio [40].	35
Figura 21. Proceso resumido del ensayo de tintas penetrantes.	57
Figura 22. Diseño y dimensiones de la marmita de Perla Andina.	61
Figura 23. División de cordones y tramos en la tapa de la marmita.	62
Figura 24. Flujograma del procedimiento del ensayo de tintas penetrantes fluorescentes aplicado a la marmita.	65
Figura 25. Examinación de discontinuidades del tramo 1 del cordón 1.	67
Figura 26. Diseño 3D del tramo 1.	67
Figura 27. Examinación de discontinuidades del tramo 2 del cordón 1.	69
Figura 28. Diseño 3D del tramo 2 del cordón 1.	69
Figura 29. Examinación de discontinuidades del tramo 3 del cordón 1.	71

Figura 30. Diseño 3D del tramo 3 del cordón 1. ....	71
Figura 31. Examinación de discontinuidades del tramo 4 del cordón 1.....	73
Figura 32. Diseño 3D del tramo 4 del cordón 1. ....	73
Figura 33. Examinación de discontinuidades del tramo 1 del cordón 2.....	75
Figura 34. Diseño 3D del tramo1 del cordón 2. ....	75
Figura 35. Examinación de discontinuidades del tramo 2 del cordón 2.....	77
Figura 36. Diseño 3D del tramo 2 del cordón 2. ....	77
Figura 37. Examinación de discontinuidades del cordón 3. ....	79
Figura 38. Diseño 3D del cordón 3. ....	79
Figura 39. Examinación de discontinuidades del cordón 4. ....	81
Figura 40. Diseño 3D cordón 4. ....	81
Figura 41. Examinación de discontinuidades del cordón 5. ....	83
Figura 42. Diseño 3D del cordón 5. ....	83
Figura 43. Examinación de discontinuidades del cordón 6. ....	85
Figura 44. Diseño 3D del cordón 6. ....	85
Figura 45. Examinación de discontinuidades del cordón 7. ....	87
Figura 46. Diseño 3D del cordón 7. ....	87

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Soldadura en aceros austeníticos AISI 304. ....	7
Tabla 2. Clasificación del examen con penetrantes tipo y métodos. ....	17
Tabla 3. Ventajas y desventajas del ensayo por líquidos penetrantes. ....	26
Tabla 4. Tiempo de penetración mínimo según la discontinuidad. ....	27
Tabla 5. Tiempo de revelado. ....	28
Tabla 6. Discontinuidades típicas detectadas mediante Líquidos penetrantes. ....	29
Tabla 7. Requerimientos de un procedimiento para la inspección por líquidos penetrantes. .....	33
Tabla 8. Criterio de aceptación visual. ....	38
Tabla 9. Frecuencia del control de calidad. ....	49
Tabla 10. Programación de actividades para la ejecución del ensayo de tintas penetrantes. .....	55
Tabla 11. Operacionalización de la variable independiente del ensayo de tintas penetrantes fluorescentes. ....	59
Tabla 12. Operacionalización de la variable dependiente del ensayo de tintas penetrantes fluorescentes. ....	60
Tabla 13. Causas raíz que provocan las discontinuidades encontradas. ....	88
Tabla 14. Posibles soluciones a las causas raíz que provocan las discontinuidades. ....	89
Tabla 15. Gasto de capital. ....	92
Tabla 16. Costos por ensayo. ....	92
Tabla 17. Depreciación referencial de inversión. ....	93
Tabla 18. Estimación de precio por ensayo. ....	93
Tabla 19. Descripción de variables para análisis costo beneficio. ....	94
Tabla 20. Análisis indicadores sociales. ....	94

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**Soldadura:** La soldadura es un proceso que sirve para unir de manera indefinida a dos piezas separadas por medio de calor, la presión o la unión de estos para transformarlos en una pieza nueva [1].

**Soldadura tig (GTAW):** La soldadura a gas inherente de tungsteno, o soldadura de arco de tungsteno a gas, utiliza un electrodo de tungsteno solido no consumible. El proceso por medio de arco eléctrico se implanta entre el electrodo de tungsteno y la zona a soldar, con una defensa de un gas inerte el cual esquivar que el baño de fusión con el electrodo tengan contacto con el aire [2].

**Ensayos no destructivos:** Un ensayo no destructivo puede ser varios tipos de pruebas realizadas a un material que no modifique de manera indefinida las propiedades físicas, químicas o mecánicas [3].

**Líquidos penetrantes:** Los líquidos penetrantes tienen como propiedad la de introducirse en cualquier grieta que exista en la zona examinada de un material. Entre las características más importantes que debe tener un líquido penetrante para ser bueno son los siguientes [4]:

- Atoxico.
- Inoloro.
- No corrosivo

**Marmita:** son un recipiente hermético de metal, el cual tiene un diseño en forma de olla con una tapa desmontable, este tipo de máquinas son muy cotizadas a nivel industrial y con más fuerza en la zona alimenticia, para realizar diferentes procedimientos de cocción de alimento.

**Mosto:** Los mostos se obtienen del mostiño prensado antes de la fermentación, al extraer su jugo. A partir de este punto, empieza el proceso de fermentación, donde ese mosto se transformará en vino.

**Acero AISI304:** El acero de tipo inoxidable 304 presenta una conducción de calor más lenta que los tipos de aceros al carbono, esto produce que se presenten gradientes de temperaturas más pronunciados.

**Mordedura:** La mordedura corresponde a un defecto en la soldadura en donde hay una equivocación de metal en modo de surco de distancia variable, en los bordes de un cordón

de unión, puede aparecer entre el cordón y el metal principal o entre dos cordones de la unión [5].

**Porosidad:** La porosidad puede presentarse de distintos modos, ya sean agujeros largos, redondos o burbujas pequeñas, es causada por la presencia de grasa, aceite o humedad al momento de soldar, ya que se forman burbujas tipo gaseosas que se quedan retenidas en el enfriamiento [6].

**Defecto:** Una pieza soldada pueden presentarse varios defectos, se producen por el tipo de electrodos mal utilizados, o deformaciones por la gran cantidad de calor suministrado y defectos del cordón, que puede llegar a afectar negativamente en la apariencia y configuración ya sea interna o externa de la unión [7].

**Discontinuidad:** Es una corte o suspensión en la estructura del material de una pieza, que compromete la solidez del material o la unión de esta [8].

**Indicación:** Es la verificación del resultado de examinar por medio Ensayos No Destructivos la cual necesita la interpretación del examinador para poder analizar y concluir si constituye o no con una discontinuidad de rechazo de la soldadura [8].

## RESUMEN

Esta investigación abordó el tema de ensayos no destructivos mediante la aplicación de tintas penetrantes fluorescentes en las juntas soldadas de una marmita de 1000 lt de capacidad, en la empresa Perla Andina, dedicada a la elaboración de vino tinto de mortiño, en la cual se realizó el análisis y evaluación de las discontinuidades que existen en los cordones de soldadura de la parte superior de la marmita, debido a que este tipo de maquinaria son sometidas a largas horas de trabajo sin paro.

El objetivo principal de la investigación fue determinar las discontinuidades a través de un mantenimiento preventivo-predictivo. Se planteó una metodología con enfoque investigativo y alcance experimental. El desarrollo de la perspectiva teórica se basará en la revisión de documentación académica, mientras que la parte experimental se la realiza en campo con la aplicación de las tintas penetrantes fluorescentes en la máquina.

Según los criterios de aceptación-rechazo AWS D1.1 y ASME SECCIÓN VIII DIVISIÓN I APÉNDICE 8, la cual establece los requisitos para saber si una discontinuidad es aceptada o rechazada. En los ensayos realizados se encontraron ciertas indicaciones como: Falta de fusión, mordeduras, sobremontas, poros y nido de poros, estos fueron correctamente evaluados bajo dichos criterios.

A través de un análisis costo-beneficio e indicadores sociales VAN y TIR, se comparó el realizar un mantenimiento preventivo periódicamente con un mantenimiento correctivo, concluyendo que resulta tener una rentabilidad de 21,10 veces mayor aplicar el mantenimiento preventivo.

**Palabras Claves:** Ensayos no destructivos, Marmitas, Tintas penetrantes fluorescentes, Cordones de soldadura, Discontinuidades.

## ABSTRACT

This research addressed the issue of non-destructive testing by applying fluorescent penetrating inks to the welded joints of a 1000-liter kettle at the Perla Andina company, dedicated to the production of mortiño red wine, in which it was carried out. the analysis and evaluation of the discontinuities that exist in the welding seams of the upper part of the kettle, due to the fact that this type of machinery is subjected to long hours of work without stopping.

The main objective of the research was to determine the discontinuities through preventive-predictive maintenance. A methodology with an investigative approach and experimental scope was proposed. The development of the theoretical perspective will be based on the review of academic documentation, while the experimental part is carried out in the field with the application of penetrating fluorescent inks on the machine.

According to the acceptance-rejection criteria AWS D1.1 and ASME SECTION VIII DIVISION I APPENDIX 8, which establishes the requirements to know if a discontinuity is accepted or rejected. In the tests carried out, certain indications were found such as: Lack of fusion, bites, overmounts, pores and nest of pores, these were correctly evaluated under these criteria.

Through a cost-benefit analysis and social indicators NPV and TIR, periodic preventive maintenance was compared with corrective maintenance, concluding that it turns out to have a profitability of 21.10 times higher applying preventive maintenance.

**Keywords:** Non-destructive tests, Kettles, Penetrating fluorescent inks, Welding beads, Discontinuities.

## INTRODUCCIÓN

Perla Andina es una marca de vino tinto de mortiño creada por un grupo de agricultores de la comunidad de Quinticusig del cantón Sigchos, en Cotopaxi. La bebida artesanal es producida desde el año 2016 y comercializada en ferias y licorerías de Quito, Latacunga, Ambato y Riobamba.

Para la elaboración del vino como primer paso después de la cosecha del mortiño se produce el mosto, que es una mezcla que contiene, el jugo fresco, los tallos del mortiño, la cáscara y las semillas obteniéndose este, después de aplastar o prensar el mortiño. El proceso de fermentación del mosto ocurre hasta que la totalidad del azúcar se transforma en alcohol y se produce el vino que se conoce como vino seco, el proceso dura de 80 a 120 días. Este proceso de fermentación se lo realiza en una marmita que es un recipiente hermético de metal, el cual tiene un diseño en forma de olla con una tapa desmontable, donde resulta imperativo que esté correctamente sellada alrededor de toda su estructura para que no haya fugas del producto, también para que haya una correcta homogeneidad de temperatura y de como resultado un producto de calidad. Para tener esta hermeticidad es importante que los cordones de soldadura en las juntas de la marmita sean de calidad y libres de imperfecciones.

En ese sentido, un mantenimiento preventivo a las juntas soldadas de la marmita de 1000 lt de capacidad es una garantía para el buen funcionamiento de la máquina y que esta tenga un tiempo de vida aceptable, esto está directamente relacionado con un control de calidad de los materiales y los cordones de soldadura en la construcción de esta. Se aplicará el ensayo de tintas penetrantes fluorescentes como método de mantenimiento preventivo a las juntas soldadas de la tapa superior de la marmita de 1000 lt de capacidad, que para la realización de este ensayo no destructivo se siguen los procedimientos bajo la norma ASTM E 1417, E 165 y E 1219. El procedimiento, así como los resultados serán fotografiados y documentados, con lo que se realizará el análisis de resultados haciendo una comparación de las discontinuidades identificadas en los diferentes tramos de soldadura examinados con los criterios de aceptación-rechazo según AWS D1.1 y ASME SECCION VIII APENDICE I DIVISION 8. Además, se realizará un análisis costo-beneficio con el objetivo de evaluar la rentabilidad de hacer este mantenimiento preventivo, comparando con el mantenimiento correctivo. Para obtener este indicador, se



utilizará principalmente los datos del mantenimiento preventivo; y, mantenimiento correctivo y producción como costos y beneficios respectivamente.

El objetivo general de la presente investigación consiste en evaluar el ensayo de tintas penetrantes aplicado a las juntas soldadas de una tina de 1000 lt de capacidad utilizada para fermentar mosto de mortiño, ubicada en la comunidad de Quinticusig.

Los objetivos específicos son:

1. Determinar el procedimiento para la ejecución del ensayo bajo la norma ASTM E-165-95.
2. Identificar las discontinuidades en las juntas soldadas de la tina para fermentar mosto de mortiño aplicando el ensayo de tintas penetrantes.
3. Evaluar los resultados obtenidos en las juntas soldadas de la tina para fermentar mosto de mortiño mediante el ensayo de tintas penetrantes.
4. Evaluar el costo-beneficio que ofrece el ensayo de tintas penetrantes, para el proceso de mantenimiento preventivo en las juntas soldadas de la máquina.

Se plantea el problema de investigación en el cual se desarrollan la contextualización y justificación del trabajo a realizar y los objetivos que se esperan alcanzar. El objetivo principal de la investigación fue determinar las discontinuidades a través de un mantenimiento preventivo.

Actualmente, la industria metalúrgica ha desarrollado grandes cambios, debido a los altos requerimientos y exigencias que están expuestos los componentes de máquinas y estructuras en donde la presencia de averías o discontinuidades en soldadura provocaría costos materiales y humanos debido a defectos no percibidos. Por esta razón en países en donde existen esta clase de industrias surge la necesidad de implementar técnicas con alto nivel de control de calidad como son los ensayos no destructivos, además del control de piezas y estructuras, evitando la producción en serie de piezas averiadas, se puede evitar que una estructura se desplome por defectos de soldaduras de las partes que conforman dicha estructura, por lo que surgió el requerimiento de crear normas y técnicas para efectuar los ensayos, siendo instituciones como la ASME (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos por sus siglas en ingles) y la ASTM (Sociedad Americana de Ensayo de Materiales por sus siglas en inglés) las primeras en este ámbito. En el país es

un campo relativamente nuevo que no ha sido explotado, por esto es de carácter imperativo promover la utilización de métodos de ensayos no destructivos para favorecer el desarrollo de la industria nacional y poder competir con productos de buena calidad con los demás países de la región, también el poder avanzar tecnológicamente ya que el país ha estado en retraso en este ámbito, por tanto, incrementar el desarrollo industrial y riqueza del Ecuador [9].

El presente trabajo tiene como finalidad demostrar que el método de líquidos penetrantes es eficaz para el mantenimiento predictivo de una tina para fermentar mosto de mortiño con una capacidad de 1000 lt, ubicada en la comunidad de Quinticusig. Siendo así la soldadura un medio de mantenimiento eficaz. Es habitual observar que haya averías en la soldadura de estructuras metálicas, los cuales, con un conocimiento de las técnicas de inspección más sencillas, como el método de las tintas penetrantes, estos problemas se pudieron haber evitado. Una forma de evitar estos inconvenientes es efectuar procedimientos de inspección que propicien la detección de discontinuidades que existen en una mala aplicación del proceso de soldadura, con lo mencionado se verificara el estado de las juntas soldadas de una tina para fermentar mosto de mortiño con una capacidad de 1000 lt, realizado como proyecto de vinculación por parte de la Universidad Politécnica Salesiana.

Una soldadura ineficiente es causada por la falta de preparación tanto de los materiales como del personal para realizar procesos de soldadura, por el personal no calificado o por razones de tiempo, en consecuencia, se puede obtener una soldadura con defectos de esta manera reduciendo la vida útil de la máquina o estructura, lo que causaría un incremento drástico de los costos totales para la reparación de la maquinaria o equipo, por ende, es fundamental contar con un método efectivo para controlar las soldaduras. Al aplicar el método de las tintas penetrantes fluorescentes se tendrá un método de control de soldaduras confiable con respecto al método de inspección visual, además se generarán resultados de mayor confiabilidad comparado con las tintas penetrantes visibles, ya que este método presenta mejor visibilidad de defectos y discontinuidades bajo la acción de la luz negra ultravioleta, por lo cual al implementar este método se garantiza la soldadura donde se requiera que no existan defectos [9].

El hecho de que no se aplique un método en el control de la soldadura el cual ayude a obtener mayor visibilidad, se tendrá como resultado que se presenten defectos, discontinuidades e imperfecciones en las juntas soldadas de la máquina.

Lo que a largo plazo aumentaría el riesgo de que una de estas juntas falle, es por eso que se prevé que si no se cuenta con un método de mayor efectividad como el de tintas penetrantes fluorescentes se tendrían que realizar otros tipos de ensayos para la detección de defectos y estos podrían ser de mayor costo y hasta mayor complejidad, dando como resultado una pérdida de tiempo ya que serían ensayos de mayor duración y por ende al tener más tiempo una máquina sin trabajar se obtendrá una pérdida de dinero para la empresa dueña de la misma.

Otro problema que se ocasionaría si no se realizan los correctos ensayos para detección de imperfecciones en las juntas soldadas, es la inseguridad para el personal que maneja la máquina, ya que cuando esta se encuentre en funcionamiento puede ocasionar accidentes laborales y poner en riesgo no solo lo económico sino una vida humana.

Por todos los factores mencionados es de suma importancia contar con un método de control de buena visibilidad sin tener que realizar una inversión considerable como es el ensayo de tintas penetrantes fluorescentes [9].

Hoy en día la industria metalúrgica es una de las más solicitadas para todo tipo de trabajo. Y uno de los mejores métodos para formar una unión entre dos metales es la soldadura, ya que es un método eficaz, económico y de gran duración siempre y cuando cumpla con el control de calidad requerido.

Por tal razón las piezas y elementos soldados requieren una verificación sobre la manera como se realizó dicho proceso. También en el proceso del mantenimiento preventivo se necesita una revisión permanente de estas, ya que la presencia de grietas, nudos, escoria y en general imperfecciones, discontinuidades y defectos en la soldadura, visibles o no, pueden causar nuevamente la falla por fractura de las piezas soldadas.

Una garantía para el buen funcionamiento de la tina de 1000 lt de capacidad y que tenga un tiempo de vida aceptable, está directamente relacionada con un control de calidad de los materiales y la junta de soldadura durante la construcción de este.

Por lo tanto, respondiendo la pregunta antes planteada, se realizarán ensayos no destructivos a las juntas soldadas de la tina con capacidad de 1000 lt, mediante tintas penetrantes fluorescentes y con ello determinar si se cumplen con los requisitos que se solicita para obtener un control de calidad según la norma ASTM E-165-95 [10]

Como parte de la delimitación espacial, el kit de tintas penetrantes fluorescentes bajo la acción de luz negra será aplicado a una tina de 1000 lt de capacidad utilizada para fermentar mosto de mortiño, ubicada en la comunidad de Quinticusig.

El proyecto planteado se realizará en el período comprendido entre octubre del 2020 a marzo del 2021.

## **CAPÍTULO I**

### **MARCO TEÓRICO**

En este capítulo se desarrolló la perspectiva teórica la cual se basa en la revisión de documentación académica, mientras que la parte experimental se la realiza en campo con la aplicación de las tintas penetrantes fluorescentes en la máquina.

#### **1.1 Soldaduras en aceros AISI 304**

Según Chávez [11], el acero inoxidable más utilizado por la industria alimenticia, es el de tipo A304, ya que se lo considera versátil para trabajarlo y es de fácil adquisición. La composición del A304 viene en 18% de cromo y 8% de níquel, lo cual lo hace un acero de fácil cristalización y soportando altas temperaturas.

El acero de tipo inoxidable 304 presenta una conducción de calor más lenta que los tipos de aceros al carbono, esto produce que se presenten gradientes de temperaturas más pronunciados. Al igual estos aceros tienen una menor velocidad de conducción térmica, lo cual quiere decir que tiene una difusión más lenta del calor a través del metal base.

El resultado de esto será que la zona soldada permanecerá caliente por una mayor duración de tiempo provocando que existan más probabilidades de producirse fenómenos, como la precipitación de carburos de cromo [12].

En la siguiente tabla se presenta la soldadura en aceros austeníticos A304 [13].

En la Tabla 1, se presentan datos según el punto de fusión, como primer dato se tiene que la velocidad térmica con un rango de 100 ° C a 650 ° C, para llegar a los (1400-1450) ° C tendrán una eficiencia de 28% y 66% respectivamente. La resistencia eléctrica de 20 ° C a 885 ° C, tendrán 72,0 microhm y 126,0 microhm respectivamente y una expansión térmica de 17,6 plg/plg/ ° C x10<sup>-6</sup>.

**Tabla 1. Soldadura en aceros austeníticos AISI 304 [13]**

<b>Punto de Fusión</b>		<b>(1400-1450) ° C AISI 304</b>
Velocidad de conductividad térmica		28%
a 100 ° C a 650 ° C		66%
Resistencia	eléctrica	72,0 microhm
(microhm.com,aprox) de 20 ° C a 885 ° C		126,0 microhm
Expansión térmica (plg/plg/ ° C x10 <sup>-6</sup> )		17,6 plg/plg/ ° C x10 <sup>-6</sup>
		(20-500) ° C

El acero A304 es un tipo de acero inoxidable el cual para entrar en fusión requiere de menor calor que los otros, es decir la soldadura es más rápida para la misma cantidad de calor que genera una fuente de soldeo o requiere de menor calor a partir de la misma velocidad de soldeo [14].

Este acero austenítico AISI/SAE 304 se lo crea a partir de la necesidad de adquirir un material con una alta resistencia a la corrosión y se consiguió esto disminuyendo la cantidad de carbono que va en la aleación AISI/SAE 302, una vez realizado este proceso se procede hacer alteraciones para disminuir el contenido de otros carburos como el cromo el cual precipita al momento de la soldadura y por ende alteran la resistencia mecánica [13].

## **1.2 Soldadura en acero inoxidable**

Cruz [15], en su investigación dice que para el proceso de soldadura de los aceros inoxidables se trabajó mediante un proceso de soldadura (GMAW), es una soldadura que utiliza gas protector y un electrodo metálico el cual se consume.

Los aceros INOX son aceros que presentan alta aleación que están compuestos por hierro-cromo, Fe-Cr-C y Fe-Cr-Ni. Siendo el Cr el elemento primordial de aleación, por ello, para considerar un acero como INOX debe tener como mínimo 11% de peso de Cr, al igual se añaden varios tipos de elementos tales como: Ni, Mo, Mn, Si y Ti [12].

### 1.3 Clasificación de los aceros inoxidable

La clasificación de los aceros INOX viene dada por los distintos tipos de porcentajes de Cr y la presencia de varios elementos de aleaciones los cuales ayudan a la mejora de la composición y las propiedades mecánicas del acero [16].

La clasificación corresponde a la siguiente subdivisión:

- Austeníticos.
- Ferríticos.
- Martensíticos.
- Endurecimiento por precipitación.
- Estructura dúplex [14].

En la Figura 1 se indica el árbol genealógico de aceros inoxidable.

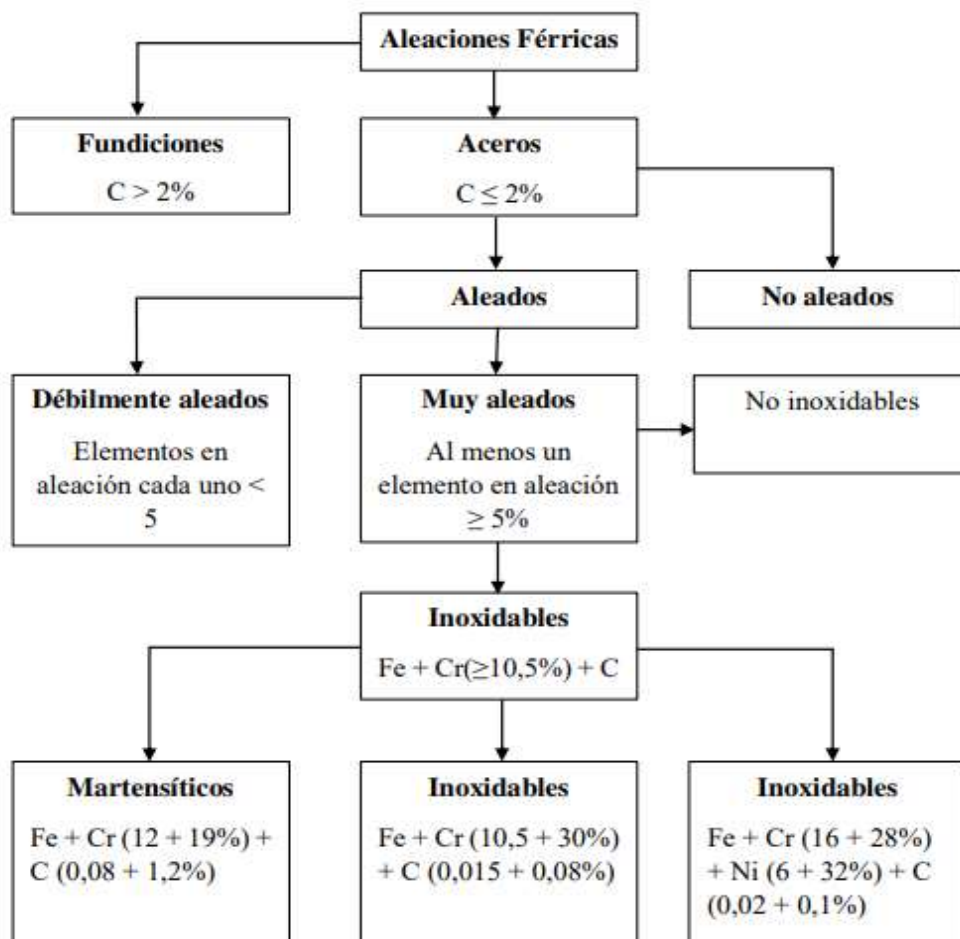


Figura 1. Árbol genealógico de aceros INOX [16]

En la Figura 1, indica un árbol genealógico de aceros INOX, en la cual como principales divisiones las de fundiciones y aceros, esta última con subdivisiones de aleados y no aleados los aleados se dividen en aleados débiles y aleados fuertes, los aleados fuertes en inoxidables y estos en martensíticos, inoxidables, inoxidables. Cada una de ellas con diferentes composiciones en sus aleaciones.

#### **1.4 Defectos en soldaduras de aceros inoxidables**

Los defectos se los definen como una falta de algún compuesto esencial para lograr su perfección.

Estos defectos pueden variar y se presentan en los metales como, dislocaciones las cuales la mayoría de ellas no son observables ni siquiera para un potente microscopio, otras son discontinuidades las cuales, si se pueden observar a simple vista, cualquiera de estas es de alta peligrosidad para la integridad de la maquinaria.

##### **1.4.1 Tipos de defectos**

Estos defectos por lo general pueden ser de dos tipos, de acuerdo con su origen:

- a) Metalúrgicos
- b) Mecánicos

##### **1.4.1.1 Metalúrgicos**

Son todo tipo de discontinuidades que existen o se han generado al momento de la solidificación o un tratamiento térmico que se haya aplicado en el metal. Casi siempre son microscópicas, pero si no se realiza un adecuado y correcto tratamiento se puede llegar a convertir en grandes discontinuidades que ya son observables. Estas se pueden presentar desde dislocaciones atómicas en el metal hasta discontinuidades bastante grandes [17].

Dentro de los defectos metalúrgicos se pueden admitir también: grietas, cavidades centrales, porosidades, falta de fusión, entre otros.

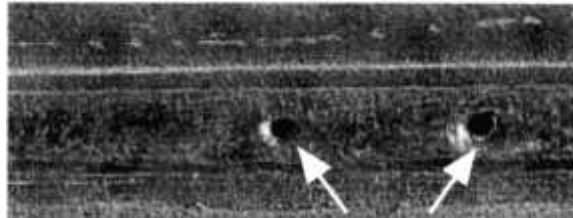


**a) Grietas**



**Figura 2. Ejemplo de una grieta en la soldadura [18]**

**b) Cavidades centrales**



**Figura 3. Ejemplo de una cavidad central de la soldadura [19]**

**c) Porosidades**



**Figura 4. Ejemplo de porosidades en la soldadura [20]**

#### **d) Falta de fusión**



**Figura 5. Ejemplo de falta de fusión en la soldadura [21]**

En la formación de los defectos metalúrgicos se puede incluir a otros efectos como: efecto de la fuerza de arco y los parámetros físicos de la soldadura [17]

#### **1.4.1.2 Mecánicos**

Estos tipos de defectos no son más que las discontinuidades cuya existencia es por factores mecánicos, es decir pueden presentarse de varias formas tales como: picaduras, rayaduras, erosión, etc. [17]

Como principales discontinuidades que se pueden presentar en los defectos mecánicos son:

##### **a) Grietas en caliente**

Las grietas en caliente de juntas soldadas en aceros inoxidables a lo largo del proceso industrial ha sido un impedimento a pesar de varios beneficios como el bajo costo y alta resistencia a la corrosión en tipos de ambientes agresivos. Por lo general en el proceso de soldadura es importante fabricar o unir componentes en cualquiera de las aplicaciones y es por eso que el agrietamiento en caliente no se recomienda si es que se requiere de un uso óptimo para las funciones en que se trabajará. [22].

##### **b) Mordeduras**

Las mordeduras son producidas normalmente por 3 principales causas:

- Un amperaje elevado para poder soldar
- Tener un ángulo pequeño de avance

- Una distancia muy grande entre el electrodo y la pieza a soldar esto produce lo que se conoce como arco largo [23].

#### **c) Grietas por contracción**

Este tipo de grietas comienza cuando existe una carga excesiva y sobrepasan la resistencia de la pieza. Es decir que existe una condición de sobrecarga mientras que la carga que se aplica puede que no exceda la capacidad de soportar la pieza [18].

#### **d) Sobremontas**

En soldaduras a tope, es la cantidad excesiva que se requiere para una junta soldada. Esta puede ser localizada puede ser en la superficie de la raíz [24].

#### **e) Falta de continuidad en el cordón**

Es una discontinuidad donde la fusión entre el metal de la soldadura y la cara que se vaya a soldar de la pieza no ocurre, esto es debido a que existe una condición extrema de filo y esto representa una afectación muy importante en la soldadura [25].

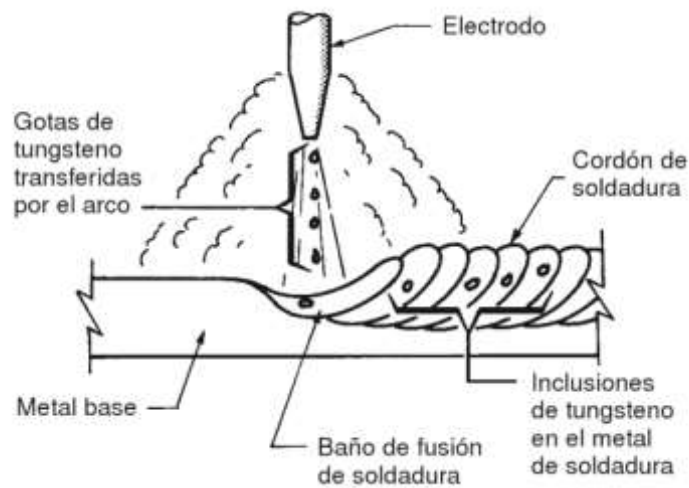
#### **f) Falta de penetración**

Este tipo de imperfección se la considera como superficial, esta imperfección aparece cuando en la raíz de la soldadura no queda con la suficiente cantidad de metal para rellenar todo y al momento de realizar la radiografía aparecerá una línea que está firmemente marcada la cual es gruesa y negra [20].

### **1.5 Soldadura TIG**

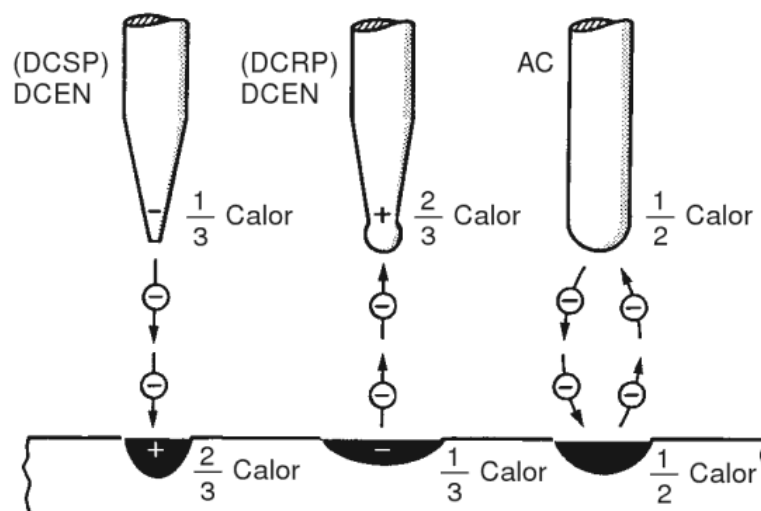
La Sociedad Americana de Soldadura afirma que la soldadura TIG es un proceso que emplea el arco eléctrico que hay entre un electrodo de tungsteno no consumible y el material base a soldar, durante el proceso un gas inerte ayuda a mantener el baño de fusión, tal como se muestra en la Figura 6.

El material se funde debido al calor producido por el arco. El oxígeno del aire se mantiene apartado del tungsteno caliente y del baño de fusión gracias al gas protector [26].



**Figura 6. Gotas de tungsteno fundido generadas por el calor del arco, pueden quedarse atrapadas en el baño de fusión [26]**

Una de las corrientes más utilizadas es la corriente alterna (CA) y la corriente continua (CC) en polaridad directa o sea el portaelectrodo conectado al polo negativo. En algunas ocasiones se utiliza la corriente continua conectado el portaelectrodo al polo positivo.



**Figura 7. La manera en cómo se distribuye el calor según el tipo de corriente entre el electrodo de tungsteno y el trabajo. [26]**

El argón como gas protector es el que usualmente se utiliza debido a que genera una gran cobertura de la zona donde se suelda y económicamente más accesible que el helio. Para el electrodo se utiliza el tungsteno ya que la temperatura de fusión es alta, además que sus características eléctricas son buenas. Para reforzar la soldadura y cambiar la química de

esta con el fin de proporcionarle las propiedades físicas deseadas, se le adiciona alambre o varillas como metal de aportación [26].

### **1.5.1 Características de la soldadura**

La soldadura GTAW se le considera un proceso muy versátil. Por su capacidad para hacer cordones de soldadura de buena calidad en cualquier posición que se requiera, en casi todos los metales y el grosor tubo o placa [27].

Ernest Levert, ingeniero especializado en soldadura para la estación espacial internacional menciona que trabajan con soldaduras manuales TIG en acero inoxidable y tubería con diámetros desde 3,175 mm a 25,4 mm con espesor de 0,71 mm. Afirma que este tipo soldaduras diminutas se realizan exitosamente en la producción de paneles [27]. La soldadura TIG tiene varias ventajas en comparación con los diferentes tipos de soldadura. Es un proceso limpio y adaptable; ya que a diferencia de los procesos de soldadura la GTAW no deja escoria, por lo que no necesitas una limpieza posterior. Tiene alta versatilidad a las diferentes condiciones laborales gracias a su capacidad para usarse en todos los metales de cualquier longitud de grosor y en todas las posiciones. Antes de la soldadura GTAW, y el aluminio y el magnesio eran demasiado difíciles de soldar. Las soldaduras en estos metales tenían como resultados; propiedades mecánicas bajas, demasiada porosidad y muy baja resistencia a la corrosión [27].

En un principio el proceso utilizaba helio como gas protector, el primer cambio importante fue cambiar el helio por el argón el cual es un recurso más económico. Con este cambio, la soldadura GTAW se hizo el proceso más utilizado para la producción de unión de metales complicados de soldar, como el acero inoxidable, magnesio, aluminio, titanio[27].

La mayor desventaja de la soldadura manual GTAW es que emplea bastante tiempo, en consecuencia, hay un aumento del coste en el total del producto. La automatización del proceso ha reducido estos costes, no obstante, todavía se les considera un proceso relativamente caro frente a los otros procesos de soldadura. Estos costos, habitualmente, se consideran menores en relación con la buena calidad de soldadura que se obtiene. La mayoría de soldaduras GTAW se las realiza en materiales con espesores inferiores a 6 mm (0,25") [27].

### **1.5.2 Contaminación de la soldadura**

Debido a que la soldadura GTAW no posee fundente, es muy fácil que el cordón se contamine. Las principales causas son:

- Gas protector: Es posible que la soldadura se contamine por el oxígeno o el aire presente en la humedad del gas, acumulado por este a causa de fugas debido a una conexión deficiente del goteo de agua en la antorcha [26].
- Metal de aportación: La soldadura puede contaminarse por grasa, aceite, suciedad u óxidos presentes en la superficie del metal de aportación [26].
- Metal base: Las inclusiones u óxidos en la superficie que se encuentran sobre o en el metal base y que se desprenden durante el proceso pueden contaminar la soldadura [26].
- Manos del soldador: Aceites, grasa y suciedad en las manos del soldador pueden contaminar la soldadura mientras manipula el material de aportación o las piezas [26].

### **1.6 Marmitas**

Las marmitas son un recipiente hermético de metal, el cual tiene un diseño en forma de olla con una tapa desmontable.

Este tipo de máquinas son muy cotizadas en la industria alimenticia para realizar diferentes procesos de cocción de alimentos obteniendo una alta eficiencia y la mayoría son de gran capacidad. Las partes que conforman una marmita son un quemador tipo atmosférico, también se incluye un sistema de descarga del producto, válvulas de seguridad y escape de gases [28].

### **1.7 Tina de Fermentación**

La tina de fermentación es un recipiente la cual se puede hacer de diferentes materiales como: Maderas (pinos y Quercus), piedra, piel vacuna en incluso en la tierra, en la actualidad se la hace de aceros inoxidable aptos para la industria alimenticia.

Para realizar la fermentación en las tinas se sigue diferentes procesos dependiendo el tipo de licor que se requiera hacer, pero en lo general se coloca el producto del licor a trabajar en la tina con agua destilada que tenga un pH alrededor de 5.2 y 5.3, muchos de las empresas de licores creen que este es el factor más importante y relevante para obtener un buen producto.

Una vez que el agua con el producto del licor esté en la tina hay que tener en cuenta que solo se coloca un 75% de la capacidad de la tina ya que, a causa de la fermentación, el mosto se infla aumentando su volumen. El tiempo que se deja el mosto en la tina para una correcta fermentación es alrededor de 3-5 días [29].

### **1.8 Mosto de mortiño**

Durante el proceso de elaboración del vino, hacer mosto es uno de los primeros pasos. Los mostos se obtienen del mortiño prensado antes de la fermentación, al extraer su jugo. A partir de este punto, empieza el proceso de fermentación, donde ese mosto se transformará en vino.

El mosto es una mezcla que contiene, el jugo fresco, los tallos del mortiño, la cascara y las semillas. Después de aplastar y presionar el mortiño, el mosto comienza a fermentarse naturalmente.

El proceso de fermentación se da hasta que la totalidad del azúcar se transforma en alcohol y se produce el vino que se conoce como vino seco. Cuando se desea producir un vino con un toque más dulce, usualmente el proceso se detiene antes de que todo el azúcar se convierta en alcohol. La fermentación puede durar de 10 días a un mes o más.

### **1.9 El examen por líquidos penetrantes**

El examen por líquidos penetrantes es un método de ensayo no destructivo para la localización de discontinuidades abiertas a la superficie como: mordeduras, fisuras, laminaciones, traslapes, fugas, falta de fusión, porosidades, este tipo de examen se puede aplicar en proceso, al final del mismo o en exámenes de mantenimiento. Este ensayo no destructivo puede aplicarse a materiales metálicos no porosos, ferrosos y no ferrosos, y materiales no metálicos como cerámicos vitrificados, vidrio y algunos plásticos no porosos [5].

Un líquido penetrante que puede ser visible o fluorescente es esparcido uniformemente sobre toda el área superficial de la pieza a ser inspeccionada, permitiendo que este penetre en las discontinuidades abiertas a la superficie. Se espera un respectivo tiempo prudencial y conveniente para que el líquido pueda ingresar completamente en las fallas, después se procede a la remoción del exceso de penetrante en la superficie. Se aplica un revelador con el fin de extraer el penetrante atrapado, fuera de la discontinuidad y manchar el revelador. La superficie examinada es inspeccionada para señalar la presencia o ausencia de indicaciones [30].

### 1.10 Clasificación de penetrantes y métodos

En la Tabla 2 se muestra la clasificación del ensayo de tintas penetrantes según su tipo y método, teniendo dos tipos de tintas; los líquidos penetrantes fluorescentes del cual este se clasifica en 4 métodos de aplicación siendo; el método A (lavable con agua), método B (Post emulsificable lipofílico), método C (removible con solvente), método D (post-emulsificable hidrofílico). El segundo tipo de líquido son los penetrantes visibles o coloreados del cual se clasifica según dos tipos de métodos de aplicación; Método A (lavable con agua) y método B (removible con solvente). De igual manera se especifica la normativa correspondiente a cada tipo de método a utilizar.

Los tipos de líquidos penetrantes y métodos de examen son clasificados como se muestra en la Tabla 2:

**Tabla 2. Clasificación del examen con penetrantes tipo y métodos [31]**

<b>Tipo I – Examen Penetrante con Tinta Fluorescente</b>
Método A – Lavable con agua (Norma E 1209)
Método B – Post emulsificable Lipofílico (Norma E 1208)
Método C – Removible con Solvente (Norma E 1219)
Método D – Post-emulsificable Hidrofílico (Norma E 1210)
<b>Tipo II – Examen Penetrante con Tinta Visible</b>
Método A – Lavable con agua (Norma E1418)
Método B –Removible con Solvente (Norma E 1220)



### **1.10.1 El Examen con Penetrantes Fluorescentes**

El examen con penetrantes fluorescentes. Es un proceso de examinación robusto y no afecta a la pieza expuesta. El examen requiere de un líquido penetrante que emite fluorescencia al ser excitado por luz negra ultravioleta UV-A (365 nm). Este líquido fluorescente se atasca en las indicaciones abiertas de la superficie examinada de la pieza después de seguir un proceso conforme a la norma ASTM 1417 [32].

El penetrante atascado se vuelve visible bajo luz negra durante el proceso de examinación, el penetrante fluorescente se mantiene dentro de las grietas, cuando se aplica un revelador, estas indicaciones se hacen visibles a simple vista [31].

### **1.10.2 El Examen con Penetrantes Visibles**

Este examen usa líquidos penetrantes que pueden ser visto a simple vista bajo luz visible.

Usualmente el líquido penetrante es de color rojo, de modo que el fondo blanco del revelador permite que las indicaciones produzcan un contraste bien definido. Para el proceso de inspección con el uso de penetrantes visibles no se requiere de la luz negra. No obstante, el proceso de examinación de las indicaciones debe efectuarse bajo una luz blanca adecuada [33].

### **1.11 Normas para ensayos de tintas penetrantes**

- E 1417 – 99 Practica normalizada para el examen por líquidos penetrantes.
- E165 Método de Ensayo Estándar para el Examen por Líquidos Penetrantes.
- E1135 Método de Ensayo para la Comparación del Brillo de Penetrantes Fluorescentes.
- E 433 Referencia Fotográfica para la Inspección por LP.
- E 1208 Método de Ensayo para el Examen para Líquidos Penetrantes Fluorescentes usando procesos de Post-Emulsificación Lipofílica.
- E 1209 Método de Ensayo para el Examen para Líquidos Penetrantes Fluorescentes usando procesos de Lavable con Agua.
- E 1210 Método de Ensayo para el Examen para Líquidos Penetrantes Fluorescentes usando procesos de Post-Emulsificación Hidrofílica.
- E 1219 Método de Ensayo para el Examen para Líquidos Penetrantes Fluorescentes usando procesos Removibles con Solvente.

- E 1220 Método de Ensayo para el Examen para Líquidos Visibles usando procesos Removibles con solvente.
- E 1316 Terminología para Exámenes No Destructivos.
- E 1418 Método de Ensayo para el Examen para Líquidos Penetrantes Visibles usando procesos lavables con agua.

### **1.12 Efectos de la temperatura en el ensayo**

Según el penetrante y el método utilizado varían los efectos de temperatura. Por lo general, se logra un rendimiento satisfactorio en el rango de temperaturas de (4 a 38) °C. Con temperaturas inferiores a 4°C se incrementa la viscosidad del penetrante disminuyendo su acción capilar. Con temperaturas mayores a 49°C, el líquido puede evaporarse afectando la intensidad de color o fluorescencia del penetrante.

### **1.13 Detalle del procedimiento a seguir**

#### **1.13.1 Pre-Limpieza**

Para desarrollar cualquier tipo de ensayo con líquidos penetrantes, se necesita que la superficie de la junta soldada esté libre de impurezas y cualquier desecho ya sea sólido o líquido, esto con el fin de que al momento de aplicar el penetrante no existan imperfecciones que puedan hacer u ocasionar daños en el ensayo. Para la pre-limpieza se utiliza dos métodos; limpieza química y limpieza mecánica.

**Limpieza Química:** Sobre la superficie de la junta soldada se coloca desengrasante para con un trapo seco limpiar y quitar la grasa que presente la superficie, luego colocar tiñer para quitar lo que aún quede de suciedad y de igual manera con un trapo limpiar la superficie.

**Limpieza Mecánica:** Con un cepillo de alambre pasar sobre la superficie de la junta soldada para quitar cualquier pelusa que haya quedado del trapo hasta dejar totalmente limpia y lista para colocar el penetrante [34].

#### **1.13.2 Aplicación del penetrante**

Una vez que la pieza o la junta soldada esté limpia y seca se procede a aplicar el líquido penetrante en toda el área que se va a desarrollar el ensayo y el modo de aplicación es dependiendo del tipo de ensayo que se esté trabajando. El penetrante a utilizar es tinta

penetrante fluorescente FP-923 Met-L-Chek, el modo de aplicación es por medio de pulverizado sobre la superficie de la junta soldada [34].

#### **1.13.3 Remoción con solvente**

Luego que haya transcurrido el tiempo estipulado de penetración del líquido penetrante, se remueve el excedente del penetrante lo más rápido posible. Se lo realiza utilizando trapos seco y limpio de un material que no deje pelusas, esto se repite varias veces hasta que se haya removido la mayoría de excedente.

Después con otro trapo igual seco y limpio de un material que no deje pelusas, se lo humedece de solvente y se remueve las trazas remanentes que son delicadamente trapeados para así evitar la remoción del penetrante de la discontinuidad. Algo muy importante es evitar el uso excesivo de solvente para no tener inconvenientes en la inspección [34].

#### **1.13.4 Secado**

El proceso de secado de las superficies de las juntas soldadas, se lo realiza previo a la aplicación del revelador, ya sea secos o no acuosos. El tiempo de secado cambiará con el tamaño y cuántas juntas se están evaluando [34].

#### **1.13.5 Aplicación del revelador**

Para el proceso de revelado del presente trabajo se trabaja con reveladores húmedos no acuosos, los cuales forman una capa sobre la superficie de la pieza al momento que se seca, la cual sirve como un medio de revelado.

Para el modo de aplicación existen varios métodos tal como: espolvoreados, bañado, inmersión, pulverización. En este caso se lo realiza mediante pulverización. El tiempo de aplicación para el revelado antes de realizar la inspección en tipos no acuosos es de un máximo de 1 hora y mínimo 10 minutos [34].

#### **1.13.6 Inspección**

Para realizar la inspección de las piezas hay que hacerlo luego del tiempo de revelado como se indica en el paso anterior, para la inspección existen varios tipos de métodos, pero para este trabajo es con penetrantes fluorescentes y esto se lo realiza con una luz

negra en un área oscurecida donde la luz visible del ambiente no supere los 20lx. Dicha inspección se la debe hacer con un medidor conveniente de luz tipo fotográfico sobre la superficie a ser examinada [34].

#### **1.13.7 Post Limpieza**

La post limpieza es necesaria solo en cuyos casos sea necesario como por ejemplo cuando el líquido penetrante o el revelador dejen residuos los cuales interfieran con los requerimientos de servicios es decir no permitan observar de manera adecuada las imperfecciones o discontinuidades existentes en la superficie de la pieza que se está trabajando, esta post limpieza se la realiza de varias maneras pero una técnica adecuada es con un enjuague simple con agua, otras maneras también son con atomizado con agua, máquina lavadora, vapor desengrasante o remojo en solvente [34].

#### **1.14 Procedimiento del ensayo de tintas penetrantes fluorescentes con el método C (removible con solvente) según Met-L-Chek**

Limpiar el área a inspeccionar con el limpiador de Met-L-Chek E59A, R-503, o R-504 con el fin de remover aceite, grasa o cualquier otro contaminante de la superficie. Aplicar el limpiador a la superficie y con un trapo libre de pelusa frotar hasta que quede limpio. Repetir la operación tantas veces se lo requiera. Dejar que el área se seque completamente antes de aplicar la tinta penetrante [35].



**Figura 8. Etapa de pre-limpieza [35]**

Aplicar el penetrante en la superficie limpia, que debe estar a una temperatura entre 4-52 °C (40 - 125) °F. Permitir que el penetrante ingrese en las discontinuidades de la superficie por un tiempo mínimo de 10 minutos [35].



Figura 9. Aplicación de penetrante [35]

Usar un trapo limpio para remover el exceso de penetrante. Humedecer un trapo libre de pelusa con E-59, E-59A, R-503, o R-504 y pasar nuevamente para quitar el penetrante restante. **No se debe aplicar el limpiador directamente a la superficie, ya que puede disminuir la sensibilidad [35].**



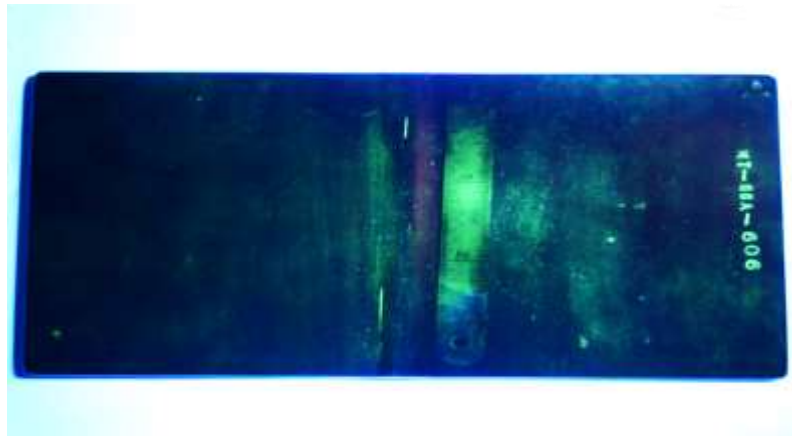
Figura 10. Remoción del exceso de penetrante [35]

Se debe agitar bien el revelador Met-L-Check D-70 antes de cada uso. Aplicar de modo que se forme una capa delgada y uniforme en la superficie, evitar que la capa se humedezca. Permitir 10 minutos para que el penetrante emerja de las discontinuidades [35].



**Figura 11. Aplicación de revelador [35]**

Inspeccionar los penetrantes fluorescentes en un medio oscuro con iluminación ultravioleta UV-A de al menos  $1000 \text{ u} \cdot \text{W} \cdot \text{cm}^{-2}$  [35].



**Figura 12. Examinación con luz ultravioleta [35]**

### 1.15 Flujograma general del procedimiento para aplicación de líquidos penetrantes.

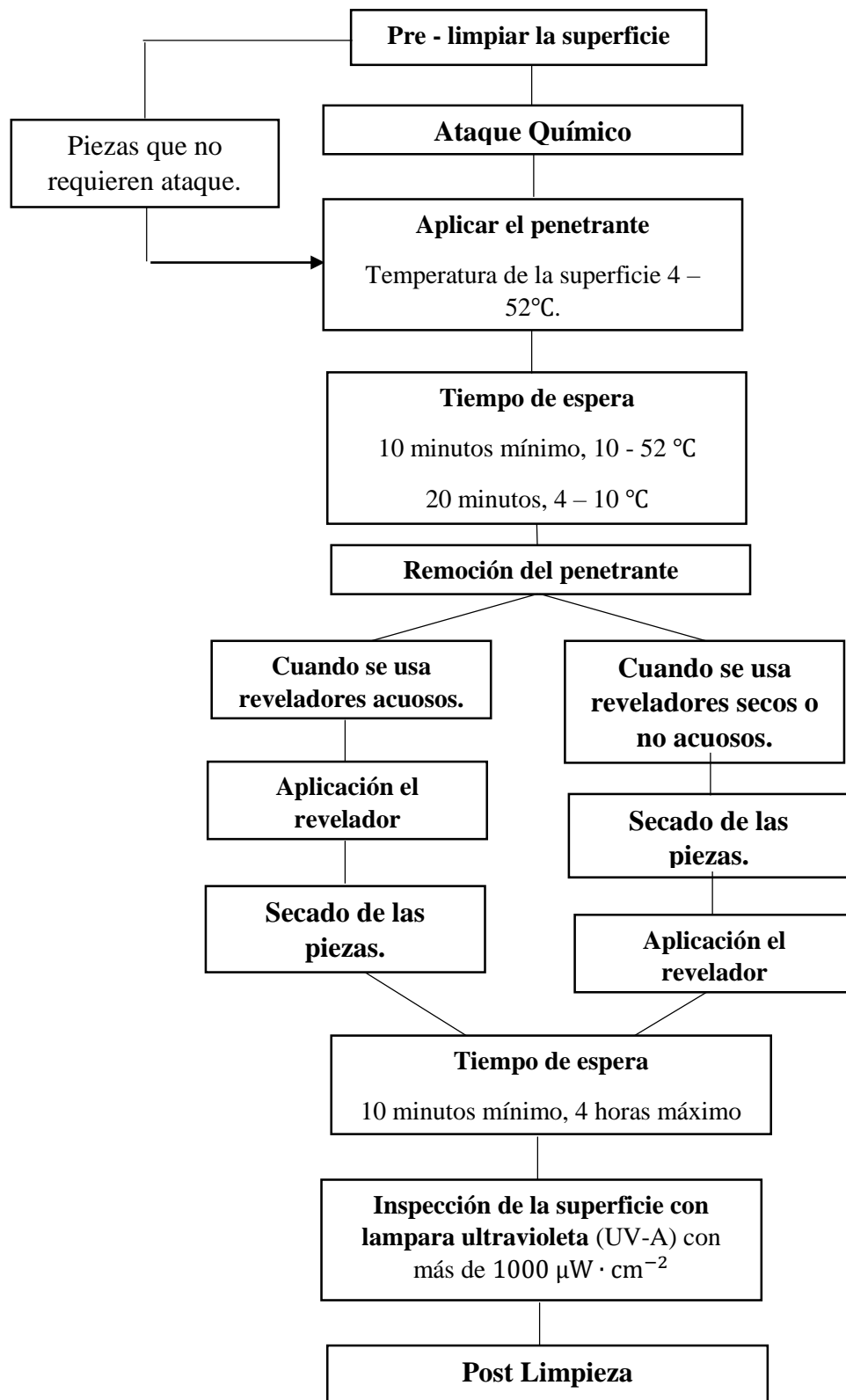


Figura 13. Flujograma del ensayo de tintas penetrantes

En la figura 13 se puede observar el flujograma general del procedimiento para la aplicación del ensayo de tintas penetrantes fluorescentes cualquiera que sea el método que se elija; lavable con agua, post emulsificable lipofílico, removible con solvente o post-emulsificable hidrofílico. Además, se especifica las temperaturas y tiempos mínimos y máximos según normativa ASTM E 1417.

### 1.16 Flujograma del procedimiento para la aplicación del ensayo de tintas penetrantes Tipo 1 Método C

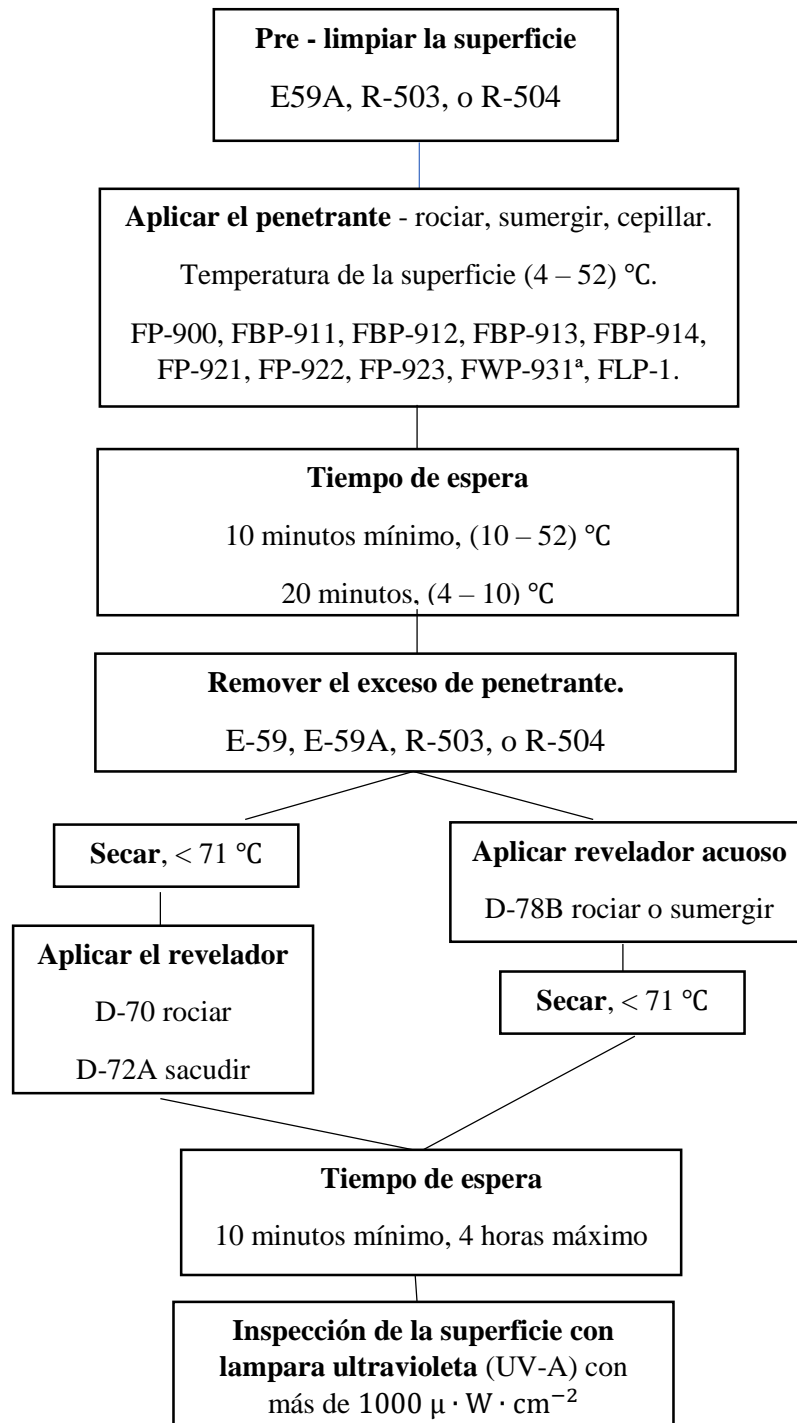


Figura 14. Flujograma del ensayo de tintas penetrantes Tipo I Método C



En la Figura 14 se muestra el procedimiento específico para la aplicación del ensayo de tintas penetrantes fluorescentes removibles con solvente, se especifica la codificación de cada producto que se puede utilizar en cada paso o proceso según Met-L-Chek además de las temperaturas y tiempos mínimos y máximos en cada paso acorde a las recomendaciones del fabricante.

### 1.17 Ventajas y desventajas del ensayo

En la Tabla 3 se detallan las ventajas y desventajas del ensayo de tintas penetrantes. Teniendo varias ventajas, la principal es la facilidad de aplicación para piezas complejas además que es un método barato comparado con los diferentes ensayos no destructivos existentes. En cambio la principal desventaja de este tipo de ensayo es que se puede detectar solamente discontinuidades abiertas a la superficie.

**Tabla 3. Ventajas y desventajas del ensayo por líquidos penetrantes [36]**

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Facilidad para aplicar rápidamente a piezas con formas complejas.	Se puede detectar solamente discontinuidades abiertas a la superficie.
Alta sensibilidad, lo que permite detectar discontinuidades muy pequeñas.	La superficie debe estar limpia, sin recubrimientos o pintura.
Se puede inspeccionar materiales ferrosos, no ferrosos, cerámicos, vidrio.	Cuando se realiza operaciones mecánicas como granallado, grateado como consecuencia puede reducirse la abertura de las discontinuidades y ocultarlas.
Barato y Portátil.	
La indicación es una amplificación del tamaño de la discontinuidad.	El ensayo de tintas penetrantes resulta impráctico en materiales Porosos y Anodizados.
Cubre el 100% de la superficie.	El contacto directo de la piel humana con tintas penetrantes puede causar irritación y secado.
Se detecta directamente la localización y orientación de la discontinuidad.	

### 1.18 Tiempo de penetración mínimo según la discontinuidad

En la Tabla 4, se indica los tiempos de penetración mínimos según la discontinuidad para diferentes tipos de materiales, pero teniendo en cuenta el método de fabricación que se utilizó para hacer la soldadura. Existen diferentes tipos de discontinuidades las cuales aparecen dependiendo el material y el método de fabricación, para el tiempo de permanencia del penetrante y del revelador estos varían entre 5 y 10 minutos según el material.

En el recuadro se presenta el tiempo de penetración mínimo según la discontinuidad.

**Tabla 4. Tiempo de penetración mínimo según la discontinuidad [34]**

Material	Método de fabricación	Tipo de discontinuidad	Tiempo de permanencia	
			Penetrante	Revelador
Aluminio	Fundición y	Traslapes,	5	10
Magnesio, acero, latón y bronce, aleaciones de titanio y	Soldaduras.	porosidad, faltas de fusión y grietas.		
resistentes a altas temperaturas.	Materiales conformados por Extrusión, forjado o laminado.	Grietas	10	10
Herramientas con puntas de carburo.	Todos los métodos.	Grietas	5	10
Plástico	Todos los métodos	Grietas	5	10

Vidrio	Todos los métodos	Grietas	5	10
Cerámica	Todos los métodos	Grietas, Porosidad	5	10

---

Según ASTM E165 la temperatura debe estar entre (10 a 38) °C para penetrante fluorescente. Temperatura de (10 a 52) °C para penetrante visible. Para reveladores acuosos el tiempo de revelado máximo es de 2 horas y 1 hora para reveladores no acuosos.

De acuerdo con la norma ASTM E1417-05, A temperatura de (4 a 52) °C el tiempo de penetración debe ser de 10 minutos mínimo; con temperaturas en el rango de (4.4 a 10) °C el tiempo de penetración de 20 minutos mínimo y con un máximo de 2 horas.

### 1.19 Tiempo de revelado

Según la ASME Sección V Artículo 6 el tiempo es de 7 minutos y el máximo 60 minutos, aunque periodos más largos son permitidos.

En la Tabla 5 se detalla los tiempos y mínimos y máximos que debe permanecer el revelador dependiendo de su tipo, también se detalla en el caso de que no se aplique revelador este tiempo es muy importante para la inspección final de modo que se puedan obtener resultados confiables.

Según la ASTM E 1417-05 los tiempos de revelado son los siguientes:

**Tabla 5. Tiempo de revelado [30]**

Tipo de revelador	Tiempo mínimo y máximo
Sin usar revelador	10 minutos y 2 horas
Revelador seco	10 minutos y 4 horas
Reveladores no acuosos	10 minutos y 1 hora

Las superficies que no son inspeccionadas antes del tiempo máximo de sangrado deberán ser limpiadas y reprocesadas.

En penetrantes fluorescentes el revelador debe de aplicarse como una capa fina y uniforme.

En penetrantes coloreados o visibles el revelador debe aplicarse de modo que forme una capa blanca y uniforme que sirva de contraste.

Con penetrantes fluorescentes si la capa de revelador es muy gruesa de tal manera que la superficie metálica queda completamente enmascarada, la superficie debe ser limpiada y reprocesada [34].

### 1.20 Discontinuidades típicas detectadas mediante líquidos penetrantes

En el siguiente recuadro se presenta un grupo de discontinuidades las cuales son producidas por operaciones de fabricación primarias y secundarias.

En la Tabla 6, se presentan las discontinuidades más típicas que existen en las juntas soldadas estas se dividen en procesos primarios y procesos secundarios en los procesos primarios existen dos subdivisiones Laminación, Forja y Extrusión y como segunda subdivisión la soldadura. En los procesos secundarios existe una subdivisión la cuál es Tratamiento térmico rectificado enchapado y Mecanizado.

**Tabla 6. Discontinuidades típicas detectadas mediante Líquidos penetrantes [37]**

Proceso Primario		Proceso Secundario
Laminación, Forja y Extrusión	Soldadura	Tratamiento térmico rectificado enchapado y Mecanizado
Ráfagas.	Golpes de arco.	Grietas abrasivas.
		Tratamiento de las grietas por calor.

Grietas / roturas en la línea de flash.	Agrietamiento de la zona afectada por el calor.	Mecanizado de lágrimas.
Escamas de hidrógeno.	Inclusiones (soldadura).	
Inclusiones (largueros).	Falta de penetración.	
Laminaciones	Porosidad (gas)	
Costuras	Grietas por contracción superficial.	
Costuras (hilos enrollados).	Socavado.	
Porosidad sin fundir (solo PT).		

## 1.21 Discontinuidad, indicación y defecto

### 1.21.1 Discontinuidad

Es cualquier interrupción en la configuración, o estructura física de la pieza, sea o no intencional. En el proceso de los ensayos no destructivos, el criterio de evaluación se lo realiza para determinar si las discontinuidades encontradas pueden o no afectar la utilidad del material [36].

### 1.21.2 Indicación

Son las respuestas a un ensayo no destructivo.

**Se clasifican en:**

**1.21.2.1 Indicaciones falsas:** Son indicaciones producidas por cualquiera otra cosa que no sea una discontinuidad, son causadas por un inapropiado procedimiento de los NDT o por requisitos del ensayo mismo [36].

**1.21.2.2 Indicaciones no relevantes:** Son indicaciones generadas por una condición o por discontinuidades que no son rechazables, ya que pueden ser tan pequeñas que no se las considera relevantes [36].

**1.21.2.3 Indicaciones relevantes:** Son causadas por discontinuidades ya presentes, la evaluación se debe realizar por un inspector calificado para determinar su severidad. Buscar y analizar indicaciones relevantes es fundamental ya que se puede prevenir serios problemas futuros [36].

### **1.21.3 Defecto**

Al localizar indicaciones relevantes en el material, se debe aplicar los criterios de aceptación/rechazos presentes en la norma de referencia que se utilice, si la indicación no cumple con los requisitos mínimos de la norma, esta se convierte en defecto. Los defectos deben ser reparados debido a que son causantes de problemas futuros en la vida útil del material [36].

## **1.22 Indicaciones típicas que genera el ensayo de líquidos penetrantes**

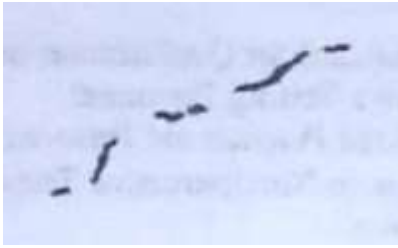
### **1.22.1 Lineal continua**



Causado por grietas, costuras, cierres en frío, forjados, rayones o marcas de troquel. Las indicaciones lineales son aquellas que son tres veces mayores en longitud que en ancho.

**Figura 15. Indicación lineal**

### 1.22.2 Lineal intermitente



Las operaciones de mecanizado pueden cerrar o eliminar partes de las discontinuidades de la superficie, o exponer partes de las discontinuidades continuas de la subsuperficie, haciéndolas aparecer como líneas intermitentes.

**Figura 16. Indicación lineal intermitente**

### 1.22.3 Redonda



Generalmente causado por porosidad. Las indicaciones redondas son aquellas que son menos de tres veces mayores en longitud que en anchura. Las grietas profundas también pueden aparecer redondas debido a un excesivo sangrado de penetrante.

**Figura 17. Indicación redonda**

### 1.22.4 Difuso o débil



Las indicaciones débiles son difíciles de interpretar. Cubren un área grande, siempre son sospechosos. Cuando aparezcan, el objeto de prueba debe limpiarse a fondo y volver a probarse.

**Figura 18. Indicación difusa o débil**

## 1.23 Requisitos del procedimiento para la inspección por líquidos penetrantes

En la tabla 7 se muestra los requerimientos que se deben tener para aplicar el ensayo de tintas penetrantes y especificando si son variables esenciales y no esenciales.

**Tabla 7. Requerimientos de un procedimiento para la inspección por líquidos penetrantes [39]**

<b>Requisitos</b>	<b>Variable Esencial</b>	<b>Variable no esencial</b>
Identificación del tipo de materiales penetrantes, reveladores, emulsificadores, etc.	X	...
Preparación de la superficie a examinar (terminado y limpieza, tipo de solvente limpiador).	X	...
Manera como se aplica el penetrante.	X	...
Manera como se quita el exceso de penetrante del área.	X	...
Concentración del emulsificador hidrofílico o lipofílico, tiempo de permanencia en el tanque de inmersión y el tiempo de agitación para emulsificadores hidrofílicos.	X	...
Concentración del emulsificador hidrofílico para aplicaciones con spray.	X	...
Manera como se aplica el revelador.	X	...
Tiempos mínimos y máximos entre pasos y ayudas de secado.	X	...
Disminución en el tiempo de penetración.	X	...
Incremento en el tiempo de revelado (tiempo de interpretación).	X	...
Intensidad mínima de luz.	X	...
Temperatura superficial de 50 a 125°F (10 a 52°C) o alguna previamente calificada.	X	...
Realización de la demostración, cuando sea requerido.	X	...
Requisitos de calificación del personal.	...	X
Materiales, formas, o tamaños a ser inspeccionados y la extensión de la inspección.	...	X
Técnica de limpieza después de la inspección	...	X



## 1.24 Equipo para ensayo por líquidos penetrantes fluorescentes

### 1.24.1 Iluminación con luz ultravioleta (luz negra)

Para el ensayo con tintas penetrantes fluorescentes, se requiere de una lámpara de luz negra que genere una luz con una longitud de onda necesaria que se pueda emitir la fluorescencia de los pigmentos presentes en la composición del penetrante.

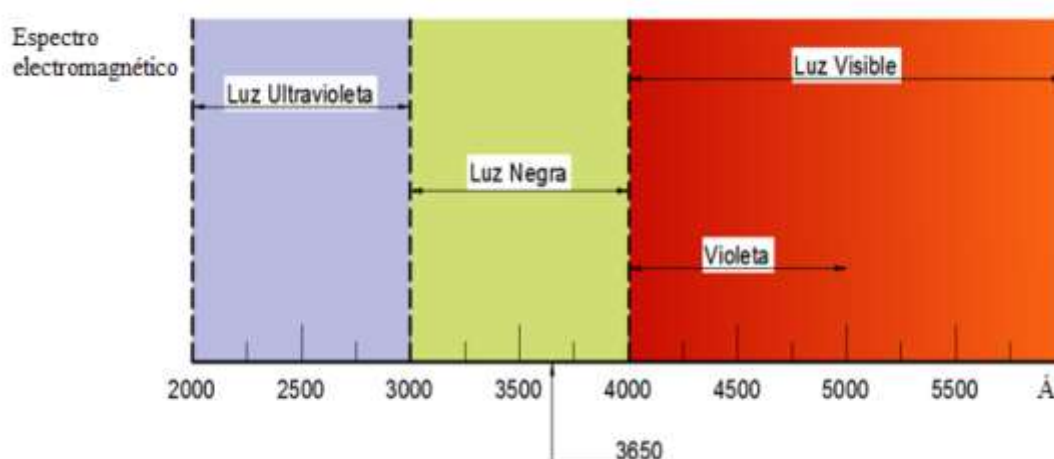


Figura 19. Longitud de onda del espectro electromagnético [40].

Como podemos observar en la figura 19 esta longitud de onda es de 365 nm (nanómetros) que equivale a 3650 Å (angstrom) la cual pertenece a una zona del espectro electromagnético que se encuentra situada entre la luz violeta y la ultravioleta, conocida como "luz negra"[40].

### 1.24.2 Luz Negra

La luz negra o también conocida por su nombre en inglés “Black light”, es una lámpara la cual emite una radiación electromagnética ultravioleta, y una luz visible pequeña. Estas lámparas son diseñadas por lo general de la misma manera que las lámparas fluorescentes comunes, con la diferencia de que utilizan un fósforo y un cristal oscuro en su exterior el cual tiene como principal función bloquear la mayor parte de luz visible, que va sobre los 400 nanómetros [9].

### 1.24.3 Fuentes de luz negra

La finalidad de estas es dejar atravesar solo la radiación luminosa de una longitud de onda en el rango de los 320 a 400 nanómetros. Ya que dicha radiación es la más efectiva para que se pueda emitir el fenómeno de fluorescencia del penetrante utilizado.

Los de tipos de fuentes de luz negra son:

- Lámparas de incandescencia.
- Lámparas de arco metálico o de carbón.
- Tubos fluorescentes.
- Lámparas de vapor de mercurio.

#### 1.24.3.1 Lámparas de vapor de mercurio

Consiste en un transformador de corriente, una lampara y un filtro. La potencia es de 100 W. En la figura 20 se puede observar el transformador el cual se aloja en una caja separada, la carcasa reflectora se conforma por la lámpara y el vidrio. [40].



Figura 20. Lámpara de vapor de mercurio [40].

### 1.24.4 Exigencias para usar la lámpara de luz negra

Para poder usar se tiene que tomar en cuenta lo siguiente:

- El área a trabajar debe estar obscura.

- La intensidad de luz ultravioleta tendrá que ser de  $1000 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  sobre la base de la pieza a examinar, y se tendrá que verificar constantemente (cada 8 horas), con un equipo medidor de luz negra.
- Las lámparas de luz negra las tienen que prender unos 15 minutos antes de empezar a trabajar para que se caliente de manera adecuada.
- El operador tendrá que situarse en la obscuridad 10 minutos antes para que se acople a esa condición de trabajo.
- Los lentes con visión fotocromadas no se recomiendan usar durante los ensayos porque pueden oscurecer la luz ultravioleta.
- Al momento de utilizar luz negra, se tiene que realizar en un lugar oscuro donde la luz del ambiente no supere los 20 Lx. La verificación se la ejecuta sobre la pieza a examinar, esto a través del medidor de luz visible fotográfico [41].

#### **1.24.5 Precauciones de seguridad con el uso de la luz negra**

La luz negra utilizada para emitir fluorescencia en los líquidos penetrantes corresponde a una longitud de onda alrededor de los 365 nanómetros. Dentro del espectro electromagnético esta longitud de onda es baja y la menos perjudicial.

Los rayos ultravioletas con frecuencias más altas si son dañinos para la salud de los seres vivos; pueden causar quemaduras y molestias en los ojos.

Para evitar quemaduras y molestias en los ojos el filtro debe estar en buenas condiciones de trabajo, debe chequearse con frecuencia y verificar que no esté fisurado o roto caso contrario debe cambiarse por uno en buenas condiciones antes de prender la lámpara. Se debe seguir las instrucciones del fabricante.

Se debe evitar mirar directamente a la lámpara encendida debido a que la incidencia directa de la luz negra en los ojos provoca una sensación de nublado, ya que algunas sustancias que están presentes en el globo ocular fluorescen por efecto de la luz negra. A pesar de no tener ningún otro efecto fisiológico, dificulta la correcta visión y produce molestias[42].

#### **1.25 Examinación del penetrante fluorescente según norma ASTM E-165**

La inspección se la efectúa obligatoriamente en un área donde la luz ambiental no exceda 2 candelas/pie o los 20 lux, es decir un área relativamente oscura.

La intensidad mínima de luz negra como dato fijo debe ser de aproximadamente 1000  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  y una longitud de onda con un rango de 320 a 380 nm, tener en cuenta que la pigmentación de la tinta fluorescente es mucho más sensible a  $\lambda$  de 360 nm (3600 angstroms).

- Lx (símbolo de lux): Unidad de iluminación (luz blanca).
- Luxómetro o Luxímetro: Aparato utilizado para la medida de iluminación [9].

### **1.26 Criterios para la aceptación de inspección visual según AWS D1.1**

En este código se adjunta varios de los requisitos para la elaboración y ejecución de prototipos de acero soldados. Cuando se estipula este criterio en contratos, el cumplimiento de todos los requisitos que exige este criterio debe ser completo, exceptuando para aquellas que en el contrato las separa, como dicta el siguiente contenido:

#### **Requisitos Generales:**

Esta parte adjunta información básica para el alcance y restricciones del código.

- **Diseño para los cordones de soldadura:** Esta parte tiene requisitos para el diseño de cordones de soldadura elaboradas de productos tubulares y no tubulares.
- **Pre-calificación:** Esta parte tiene los requisitos para descartar un WPS de los requisitos básicos de calificación de este criterio.
- **Calificación:** Esta parte tiene los requisitos para la calificación de WPSs y el personal, necesarios para la elaboración del trabajo especificado en el código.
- **Fabricación:** Esta parte tiene los requisitos para la elaboración, construcción y mano de obra de las estructuras de acero soldadas.
- **Inspección:** Esta parte tiene los criterios para la calificación y obligaciones de los inspectores, criterios de aceptación para las soldaduras de producción y pasos determinados para la elaboración de la inspección visual.

- **Soldadura de Botón:** Esta parte tiene los requisitos para la soldadura de botón en estructuras de Acero.

### 1.26.1 Refuerzo y reparación de Estructuras existentes

Esta sección contiene información básica pertinente a la modificación o reparación de estructuras existentes [9].

En la Tabla 8, se explica las discontinuidades y criterios de inspección existentes en diferentes conexiones no tubulares y tubulares entre las principales se tiene las Conexiones no tubulares estáticamente cargadas, Conexiones no tubulares cíclicamente cargadas, Conexiones tubulares (Todas las cargas). Todas estas están presentes según los diferentes tipos de criterios de inspección.

**Tabla 8. Criterio de aceptación visual [9]**

<b>Categoría de discontinuidad y criterios de inspección.</b>	<b>Conexiones no tubulares estáticamente cargadas.</b>	<b>Conexiones no tubulares cíclicamente cargadas.</b>	<b>Conexiones tubulares (Todas las cargas ).</b>
<b>(1) Prohibición de Aberturas</b> Cualquier abertura no debe ser aceptada, a pesar de su tamaño o localización.	X	X	X
<b>(2) Fusión metal principal/metal de contribución</b> Debe existir una unión completa entre capas adyacentes de metal de aporte y metal de contribución y metal principal.	X	X	X
<b>(3) Cráteres en la zona transversal (Mordeduras)</b> Todos los agujeros deben ser llenados completamente en la sección transversal de la unión, menos para los finales de franjas discontinuas de soldadura fuera de su distancia efectiva.	X	X	X
<b>(4) Uniones de perfil</b>	X	X	X

Las soldaduras de perfil deben estar en concordancia con 5.24.

#### **(5) Periodo de verificación**

La verificación visual de uniones en todos los aceros puede iniciar rápidamente después de que la unión ha sido enfriada a temperatura normal. Códigos de aprobación para aceros ASTM A514, A517, y A709 grado 100 y 100W deben estar fundamentado en la verificación visual ejecutada en un tiempo no menor a dos días luego de la finalización de la unión.

X

X

X

#### **(6) Uniones de menor dimensión**

La dimensión de una franja soldada en una unión consecutiva puede ser que menor que la dimensión nominal especificado (L) sin corrección para las siguientes cantidades (U):

X

X

X

L.

Dimensión de soldadura conceptual, pulg. [mm].

$\leq 3/16$  [5]

$\leq 1/4$  [6]

$\geq 5/16$  [8]

U.

Disminución admitida de L, pulg. [mm]

$\leq 1/16$  [2]

$\leq 3/32$  [2.5]

$\leq 1/8$  [3]

En todos los casos, la zona de menor dimensión de soldadura no debe exceder el 10% de la distancia de la soldadura. En almas y patines de columnas, la unión de menor dimensión debe

ser prohibido al final para una distancia igual a dos veces el ancho del patín.

**(7) Fisuras**

(A) Para materiales con un grosor menor de una pulg. [25 mm], la fisura no debe superar 1/32 pulg. [1mm], con una excepción: las fisuras no deberán exceder 1/16 pulg. [2mm] para una distancia acumulada de 2 pulg. [50mm] dentro de 12 pulg. [300mm]. Para material con espesor igual o superior a una pulg, la fisura no deberá superar 1/16 pulg. [2mm] para cualquier distancia de la unión.

X

(B) En zonas principales, las fisuras no deben ser más de 0.01 pulg. [0.25mm] de hondura cuando la unión sea transversal sometido a tensión bajo alguna condición de carga. Las fisuras no deben superar de 1/32 pulg. [1mm] de hondura para todos los otros casos.

X

X

**(8) Porosidad**

(A) La Completa penetración de junta (CJP) de gargantas soldadas en topes de juntas transversales en la dirección de las fuerzas de tensión no debe tener poros pipping<sup>1</sup> visibles. Para todas las otras gargantas y franjas soldadas, la suma de los poros pipping visibles de 1/32 pulg. [1mm] o mayores en diámetro no debe superar 3/8 pulg. [10mm] en pulgada lineal de la unión y no debe superar 3/4 pulg. [19mm] dentro de 12 pulg. [305mm] de distancia de la unión.

X

(B) La incidencia de poros pipping en franjas soldadas no debe superar uno cada cuatro pulg. [100mm] de longitud de la unión y el máximo

X

X

diámetro no debe exceder 3/32 pulg. [2.5mm].

Excepción: para franjas soldadas endurecidas conectadas al alma, el total de diámetros de poros pipping no deberá superar 3/8 pulg. [10mm] en pulgada lineal de la unión y no deberá superar 3/4 pulg. [20mm] en 12 pulg. [300mm] de longitud de soldadura.

(C) La Completa penetración de junta (CJP) en gargantas soldadas en topes de junta transversal al curso de las fuerzas de tensión no deben presentar porosidad pipping. Para la mayoría de las gargantas soldadas, la incidencia de porosidad pipping no debe superar uno en 4 pulg. [100mm] de distancia y el máximo diámetro no debe superar 3/32 pulg. [2.5mm].

X

X

---

**Poros pipping:** También conocida porosidad alargada o agujeros de alfiler, la dimensión de mayor tamaño está situada en la parte superior de la junta soldada.

## **1.27 Criterios de aceptación por el método de líquidos penetrantes según ASME**

### **SECCION VIII DIVISION I APENDICE 8**

### **ASME BPV SECCION VIII DIVISION I**

#### **1.27.1 Evaluación de indicaciones**

Una indicación es la evidencia de una imperfección mecánica.

Una indicación de una imperfección puede ser más grande que la imperfección que la causa como quiera que sea el tamaño de la indicación es la base para la evaluación [43].

Solamente las indicaciones que presenten una dimensión mayor a 1,5 milímetros (1/16 in), serán consideradas relevantes[43].



- a) Las indicaciones lineales son aquellas que son tres veces mayores en longitud que en ancho [43].
- b) Una indicación redondeada es aquella que puede ser circular o elíptica en forma cuya longitud es igual o inferior a tres veces su ancho [43].
- c) Las indicaciones que resultan ser dudosas o cuestionables tienen que volverse a examinar para verificar si son o no relevantes [43].

### **1.27.2 Estándar de aceptación**

Este estándar de aceptación se aplicará a menos que normas más restrictivas se especificaran para determinados materiales o especificaciones [43].

Los cordones de soldadura examinados No deben presentar [43]:

- a) Indicaciones lineales relevantes [43].
- b) b) Indicaciones redondeadas relevantes mayores a 5 milímetros (3/16 in) [43].
- c) Cuatro o más indicaciones redondeadas relevantes presentes en una misma línea y separadas por 1,5 milímetros (1/16 in) o menos de borde a borde [43].

## **1.28 Requisitos generales del procedimiento según ASME SECCIÓN V ARTÍCULO 6**

### **1.28.1 Proceso inicial**

La examinación de líquidos penetrantes tiene que ser efectuada bajo un procedimiento y como mínimo considerar la siguiente información:

- a) El material, diseño a ser examinado y la longitud de la inspección.
- b) Número o designación de cada tinta penetrante, removedor, emulsificante y el revelador.
- c) Detalles del procedimiento para la pre-limpieza y el secado, artículos utilizados en la limpieza y el tiempo para secar.
- d) Detalles del procedimiento para aplicar el penetrante, tiempo para la penetración y temperatura de la superficie a inspeccionar si posee una temperatura fuera del rango de (60 a 125)°F.
- e) Detalles del procedimiento para eliminar el penetrante y el secado de la superficie al instante de aplicar el revelador.

- f) Detalles del procedimiento de aplicación del revelador, tiempo de revelado e interpretación de los resultados.
- g) Detalles del procedimiento para post limpieza [39].

### **1.28.2 Revisión del procedimiento**

La revisión del procedimiento puede ser requerida:

- a) Siempre que un cambio o sustitución se haya efectuado en el tipo o familia de materiales o en la técnica de inspección.
- b) Siempre que se haya efectuado un cambio o sustitución en el tipo de materiales o proceso para la pre-limpieza.
- c) Siempre que se haga un cambio en las partes de la pieza o superficie a inspeccionar, que pudiera ocasionar el cierre de las discontinuidades o dejar depósitos los cuales interfieran en la etapa de inspección, como, por ejemplo: chorro de arena, granallado o ataque ácido [39].

### **1.28.3 Técnica**

Se puede utilizar líquidos penetrantes visibles o fluorescentes. Para cada técnica se puede utilizar tres tipos de sistemas penetrantes:

- a) Lavable con agua.
- b) Post emulsificable.
- c) Removible con solvente.

### **1.28.4 Preparación de la superficie según ASME SECCIÓN V ARTÍCULO 6**

a) Por lo general con los procesos de acabado que se les realiza a las diferentes superficies de las piezas presentan resultados bastante buenos entre los más importantes y utilizadas están: forja, laminación, y soldadura fundida. Pero todo ello no garantiza que en ciertas ocasiones se requiera recurrir a una preparación de las superficies por mecanizado o amolado, esto con el fin de evitar imperfecciones superficiales y se pueda observar las discontinuidades inaceptables.

b) Para obtener buenos resultados en este ensayo por tintas penetrantes es necesario que la superficie de la junta soldada a examinar esté libre de todo tipo de impurezas; las cuales

entre las más comunes son suciedad con grasa, cascarillas, desoxidantes de soldadura, salpicaduras y cualquier materia que interrumpa una inspección correcta.

c) Para realizar el proceso de limpieza de la superficie de las juntas soldadas, se puede utilizar varios agentes de limpieza como: detergentes, soluciones decapantes, removedores de pintura, disolventes orgánicos, desengrasantes y hasta métodos de limpieza por ultrasonido [9].

#### **1.28.5 Secado después de la inspección según ASME SECCIÓN V ARTÍCULO 6**

Posterior a la pre-limpieza, se debe secar las superficies a inspeccionar ya sea mediante una evaporación al ambiente o por medio de aire caliente. Se tiene que establecer un tiempo mínimo para aseverar que la solución utilizada en la limpieza se haya evaporado antes de la aplicar el penetrante [39].

#### **1.28.6 Inspección técnica para temperatura estándar según ASME SECCIÓN V ARTÍCULO 6**

La temperatura del penetrante y de la superficie de la junta soldada no tiene que ser menor a 28° C ni tampoco mayor a los 93° C. El proceso de enfriado y calentado de las piezas se las permiten siempre y cuando estas estén dentro del rango de temperaturas antes expuestos. También se pueden utilizar otras temperaturas, pero en base a lo que especifica la norma T-647 [9].

#### **1.28.7 Aplicación del penetrante según ASME SECCIÓN V ARTÍCULO 6**

La aplicación de penetrante se la puede realizar por varios medios aplicables, como: Brocha, aspersión. El uso de filtros es obligatorio en el caso de que el líquido penetrante sea administrado mediante inmersión con aire comprimido, para evitar cualquier tipo contaminación ya sea agua o grasa.

El periodo de penetración es decisivo, el periodo de penetración mínimo para aplicaciones específicas se debe tomar en cuenta como se muestra en ASTM E 165 tabla 2 [39].

### **1.28.8 Remoción del exceso de penetrante según ASME SECCIÓN V ARTÍCULO 6**

Luego que se cumpla con el tiempo de penetración de la tinta, el exceso del penetrante debe ser removido teniendo en cuenta de no quitar el penetrante existente en las discontinuidades.

**1.28.8.1 Penetrante lavable con agua:** Los penetrantes lavables con agua deben ser removido el exceso del agua, esto se lo realiza con el método de aspersión de agua, la temperatura del agua no debe ser mayor a los 44 ° C.

**1.28.8.2 Penetrantes removible con solvente:** Los penetrantes removibles con solvente deben ser removidos mediante un trapo absorbente humedecido con solvente pasando varias veces por la superficie hasta quitar todo el exceso de solvente. Tener en cuenta de no usar mucho solvente en el trapo para que las discontinuidades no sean afectadas y el uso del removedor de manera directa del sobre la superficie de las juntas soldadas no está permitido [9].

### **1.28.9 Secado después de la remoción del penetrante según ASME SECCIÓN V ARTÍCULO 6**

Cuando se utiliza penetrantes removibles con solvente, la superficie se puede secar con evaporación normal, con un trapo seco o aire forzado [39].

### **1.28.10 Revelado según ASME SECCIÓN V ARTÍCULO 6**

El revelador debe ser aplicado de manera inmediata como lo estipula la norma.

La aplicación del revelador debe ser la cantidad que dicta la norma ya que si se aplica menos de lo que se necesita no van a hacer visibles las discontinuidades y por lo contrario si se coloca en exceso puede enmascarar las indicaciones, para los penetrantes fluorescentes se utiliza el revelador húmedo o seco [9].

**1.28.10.1 Aplicación del revelador húmedo:** El revelador antes de ser aplicado sobre la superficie de la junta soldada a analizar, se tiene que agitar para asegurarse la correcta dispersión de las partículas que se encuentran suspendidas.

**1.28.10.2 Aplicación del revelador no-acuoso:** Para el proceso de aplicado del revelador tiene que ser solo en superficies secas y por aspersión, esto se exceptúa solo cuando por

seguridad o que no sea posible el acceso solo ahí debe ser aplicado el revelador con brocha, para el secado es solo con evaporación normal es decir con el aire del ambiente [9].

## **1.28.11 Interpretación de discontinuidades según ASME SECCIÓN V ARTÍCULO 6**

### ***1.28.11.1 Penetrantes Visibles***

Con tintas penetrantes visibles el revelador forma una capa uniforme y blanca.

El sangrado de penetrante indica las discontinuidades en la superficie de la pieza, este sangrado es de un color rojo intenso sobre el fondo blanco del revelador.

Cuando se produce una coloración ligeramente rosa de las indicaciones puede ser a causa de un limpiado en exceso. Un fondo excesivo a causa de una limpieza inadecuada puede resultar en una difícil interpretación de indicaciones, es muy importante contar con una adecuada iluminación con el fin de asegurar la sensibilidad en la inspección y evaluación de las indicaciones [39].

### ***1.28.11.2 Penetrantes fluorescentes***

El proceso con tintas penetrantes fluorescentes es prácticamente el mismo que con penetrantes visibles excepto que la inspección se la realiza usando una luz ultravioleta llamada luz negra. La inspección se realiza de la siguiente manera:

- a) Se debe efectuar en un cuarto oscuro o área negra.
- b) El técnico a cargo de la inspección deberá permanecer en el área oscura por lo menos 5 minutos antes de realizar la examinación con el fin de adaptar sus ojos a la oscuridad. No se debe utilizar anteojos foto sensitivos.
- c) La fuente de luz negra debe calentarse 5 minutos antes de su uso.
- d) La luz negra emitida se la debe medir con un medidor de luz negra. La luz debe tener un mínimo de intensidad de  $800 \text{ u} \cdot \text{W} \cdot \text{cm}^{-2}$  sobre la superficie a inspeccionar. La intensidad se debe medir por lo menos cada 8 horas y siempre que la sección de trabajo sea cambiada [39].

### **1.28.12 Evaluación de indicaciones según ASME SECCIÓN V ARTÍCULO 6**

- a) Las indicaciones deben ser evaluadas solo con los términos de aceptación que estipula el código de referencia.
- b) Las discontinuidades presentes en la superficie deben ser indicadas por el sangrado de este penetrante, sin embargo, pueden existir ciertas imperfecciones en la superficie por el mismo maquinado u otras condiciones a las que esté expuesto y estas ocasionan indicaciones falsas.
- c) Cuando el área de fluorescencia es muy grande estas pueden tener ciertas indicaciones ocultas, es por eso por lo que se recomienda limpiarlas bien y reexaminarlas nuevamente.

### **1.28.13 Restricciones de la técnica según ASME SECCIÓN V ARTÍCULO 6**

La inspección por penetrantes fluorescentes no se la debe de hacer después de una inspección por penetrantes visibles. La mezcla de penetrantes de diferentes familias está restringida. Una re - inspección con penetrantes lavables con agua puede provocar una contaminación causando una pérdida marginal [39].

## **1.29 Requerimientos generales del procedimiento según ASTM E 1417-05**

### **1.29.1 Superficie de prueba**

La prueba final con líquidos penetrantes puede ser realizada después de terminar todas las operaciones de proceso que pudieran causar discontinuidades abiertas a la superficie o exponer discontinuidades que antes no estuvieran abiertas a la superficie; operaciones como: enderezado, esmerilado, soldadura, maquinado, tratamientos térmicos entre otras[30].

### **1.29.2 Tratamiento superficial**

Se recomienda que la última evaluación con líquidos penetrantes sea trabajada previo a los regímenes que puedan manchar la pieza, que por sí mismos, no provocan defectos superficiales; estos regímenes pueden ser: lijado, chorro de vapor, chorro de arena y pulido. Ya que al realizar la evaluación después estos regímenes, requerirá incluir una pre limpieza [39].

### **1.29.3 Superficies de piezas con recubrimientos (ASTM E1417-99)**

Se deberá remover de la superficie de la pieza a ser inspeccionada cualquier recubrimiento o condición superficial como pintura, corrosión entre otros, antes de aplicar el ensayo por

líquidos penetrantes. El examen debe aplicarse antes del acabado superficial, como el anodizado, excepto para las piezas que se encuentran en servicio, las cuales puede efectuarse el método sin remover el anodizado[30].

#### **1.29.4 Verificación de una indicación**

Según ASTM E 1417-05 se puede evaluar una indicación frotando el área con un material absorbente humedecido con solvente, dejar que el área seque y reaplicar revelador. Si no reaparece la indicación, la original es considerada falsa.

Este proceso puede realizarse hasta dos veces para cualquier indicación original [30].

#### **1.29.5 Remoción de una discontinuidad**

Para la remoción de una discontinuidad se trabaja con la norma ASTM E-1417-05, la cual indica que las discontinuidades se pueden remover solo con un proceso aprobado por la norma ya sea lijado o esmerilado para así determinar la profundidad y la extensión.

Luego de hacer esto el área debe ser limpiada y con ello volver a examinar, tener en cuenta algo importante como es que debe tener la misma sensibilidad que la original [30].

#### **1.29.6 Requisitos de control de calidad**

Según la norma ASTM E 1417-05 se debe realizar controles con la finalidad de asegurar un nivel aceptable de funcionamiento en los materiales y equipos utilizados en los sistemas penetrantes. La frecuencia de los controles es considerando el número de inspecciones diariamente; o al menos, antes de una examinación. Los controles deben aplicarse a materiales que estén en uso, registrarse y conservarse para posibles auditorias. Los materiales no recuperados o reusables como los contenedores en aerosol, no están sujetos a estos requerimientos (pruebas) [30].

La Tabla 9 muestra la frecuencia estándar de los controles que se deben realizar para el buen funcionamiento de los materiales y equipos que se utilizan el ensayo de tintas penetrantes.

**Tabla 9. Frecuencia del control de calidad [30]**

	<b>Pruebas</b>	<b>Frecuencia</b>
1	Funcionamiento del sistema.	Diariamente
2	Contaminación del penetrantes.	Diariamente
3	Contaminación del revelador acuoso.	Diariamente
4	Concentración del revelador acuoso.	Semanalmente
5	Condición del revelador acuoso.	Diariamente
6	Presión del agua.	Cada turno
7	Temperatura del agua.	Cada turno
8	Intensidad de luz negra.	Diariamente
9	Limpieza de área de inspección.	Diariamente
10	Concentración de agua en penetrantes base-agua.	Semanalmente
11	Contenido del agua en penetrantes no base agua.	Mensualmente
12	Concentración del emulsificador hidrofílico.	Semanalmente
13	Sensibilidad del penetrante.	Semanalmente
14	Brillantez fluorescente.	Trimestralmente
15	Removilidad del penetrante.	Mensualmente
16	Contenido del agua en el emulsificador lipofílico.	Mensualmente
17	Removilidad del emulsificador.	Mensualmente
18	Calibración del horno de secado.	Trimestralmente
19	Calibración de los medidores de luz.	Anualmente



## **CAPÍTULO II**

### **MARCO METODOLÓGICO**

En este capítulo se planteó una metodología con enfoque investigativo y alcance experimental. Según los criterios de aceptación-rechazo AWS D1.1 y ASME SECCIÓN VIII DIVISIÓN I APÉNDICE 8, la cual establece los parámetros para saber si una discontinuidad es aceptada o rechazada.

#### **2.1 Enfoque**

La investigación por realizar tiene función cualitativa, pues lo que se desea obtener es la calidad de las juntas soldadas a inspeccionar y determinar si cumplen las Normas de Control de soldadura establecidas.

#### **2.2 Modalidad y tipo de la investigación**

##### **2.2.1 Modalidad**

Teniendo en cuenta que el ensayo de tintas penetrantes fluorescentes se lo considera un método de ensayo no destructivo, el cual no es muy utilizado, la investigación contendrá un modo de experimental y científica el cual se lo realiza a nivel de campo, esta modalidad tiene contacto de forma directa con la realidad, el cual se realizará en las instalaciones de la fábrica siguiendo el procedimiento adecuado y dispuesto para estos ensayos en las juntas soldadas de la marmita.

Con el fin de obtener información correcta y acertada que vaya acorde con el objetivo del presente proyecto.

La parte investigativa del proyecto se la realizará mediante consulta bibliográfica, ya que se necesita información con el propósito de detectar, profundizar y ampliar los distintos enfoques, conceptos, teorías y varios criterios de autores que estén relacionados con el tema expuesto como ensayos no destructivos, ciencia de materiales y soldadura [9].

##### **2.2.2 Tipo**

A pesar de que no se tiene una idea exacta de la realización de ensayos no destructivos mediante tintas penetrantes fluorescentes, esta investigación se hará

de forma experimental he investigativa, la cual ayudará a resolver el planteamiento del problema expuesto como objetivo principal.

Claro está que esta investigación se la realiza describiendo el problema en una circunstancia espacial determinada como son las juntas soldadas de la tina de fermentación la cual se encuentra en la fábrica de la empresa, es decir los ensayos se los realiza de forma experimental y presencialmente con la pieza. Con ello la parte descriptiva de la investigación tendrá una forma adecuada para lograr la solución que se busca con el problema planteado. Es de suma importancia que la investigación cuente con un tipo explicativo para así poder comprender los fenómenos que se presentan a lo largo del estudio del ensayo con tintas penetrantes fluorescentes.

Como la finalidad del proyecto es verificar el control de calidad de la soldadura, la investigación se basa en un estudio de relaciones de casualidad utilizando una metodología experimental y con ello controlar los fenómenos que se vayan presentando al momento de realizar el ensayo [9].

## **2.3 Población y muestra**

Para el análisis del proyecto se realiza de forma presencial y directa con la tina de fermentación, es decir los ensayos no destructivos mediante tintas penetrantes fluorescentes se los aplicará directamente a las juntas soldadas de la tina y con ello demostrar que tipos de imperfecciones, discontinuidades se presenten en cada junta, para poder demostrar si se cumple o no con el control de calidad que estas deben de tener. Luego de realizar la parte experimental mediante los ensayos se hará la parte investigativa mediante un estudio de recolección de datos en el cual se demostrará las resoluciones del problema planteado en el proyecto.

## **2.4 Desarrollo del ensayo**

### **2.4.1 Especificación del equipo a seleccionar**

#### ***2.4.1.2 Tipo de Líquido Penetrante***

Para poder realizar la selección correcta del líquido penetrante que se vaya a utilizar, hay que tener en cuenta varios aspectos los cuales son directamente proporcionales al tipo de trabajo y donde se va a realizar los ensayos.

Para el presente trabajo según las características empleadas se utilizará el líquido Penetrante Fluorescente Removible con solvente, el cual presenta las siguientes ventajas y limitaciones.

#### **- Penetrante Fluorescentes removible con solvente**

El penetrante a utilizar para este ensayo es Tinta penetrante fluorescente FP- 923 Met-L-Chek, el cual posee ventajas y limitaciones que se presentan a continuación:

##### **Ventajas:**

- La fluorescencia le provee excelente visibilidad
- Se puede hacer la limpieza con agua.
- Se puede trabajar en superficies ásperas.
- Ahorro de tiempo por el procedimiento.
- Excelente para una extensa gama de deformaciones [9].

##### **Limitaciones:**

- El lavar excesivamente puede afectar la sensibilidad.
- El anodizado puede disminuir la sensibilidad.
- El cromado excesivo dañará su sensibilidad.
- No es recomendado para deformaciones de poca profundidad.
- Presenta una cámara oscura, conde luz negra, para la verificación [9].

#### ***2.4.1.3 Tipo de Revelador.***

El tipo de revelador que se utiliza en este ensayo es un revelador tipo D70 Met-L-Chek. Luego de que el sobrante de líquido penetrante fluorescentes se lo haya quitado y la base de la pieza esté seca se aplica el revelador, que con lo estudiado y según las características a trabajar se va a utilizar el revelador tipo no acuoso, la forma de aplicación es mediante pulverizado y el tiempo de secado del revelador es de un máximo de 1 hora y no menor a 10 minutos [34].

#### ***2.4.1.4 Tipo de Removedor***

Para el tipo de removedor que se va a emplear en este ensayo es el cleaner E59A Met-L-Chek.

Para uso de removedor de penetrante se aplica sobre el medio de limpieza de la pieza y luego se limpia el penetrante.

Este Removedor no se recomienda aplicar directamente sobre la base de la pieza ya que se vería afectada la sensibilidad y con ello traer inconvenientes en la inspección.

Los componentes del removedor contienen solventes inflamables, por lo cual no se debe usar en espacios que haya llamas o chispas [38].

#### **2.4.2 Procedimiento**

- Como primer paso se procede a adecuar el cuarto oscuro, para lo cual se procede a tapar cualquier entrada de luz visible, se lo realiza con la ayuda de un plástico negro, verificando que el cuarto quede completamente oscuro.
- Una vez terminada la adecuación del cuarto oscuro, se procede a limpiar los cordones de soldadura de la marmita en donde se aplicará el ensayo, primeramente, con procesos mecánicos como el cepillado y grateado, para sacar todas las impurezas y escorias que pudieran contener los cordones.
- Culminando la limpieza mecánica se procede a realizar la limpieza química primeramente con un paño empapado de tiñer y después limpiando las áreas a ser examinadas con desengrasante y secando con paños que no dejen pelusa.
- Después se realiza un examen visual especialmente en las zonas donde hay sospecha que puedan existir discontinuidades.
- Posteriormente se procede a limpiar químicamente el área a ser inspeccionada, para lo cual se utiliza el cleaner (limpiador) E59A Met-L-Chek, aplicándolo sobre un paño que no deje pelusa, teniendo en cuenta que no se lo debe aplicar directamente.
- Se procede a aplicar el penetrante FP-923 Met-L-Chek, se lo realiza sosteniendo el spray pulverizador a una distancia de 30 centímetros aproximadamente del área a inspeccionar.

- Se espera un tiempo prudencial para que el líquido penetre de manera correcta y adecuada en las discontinuidades, se toma como referencia la norma ASTM E1417, la cual menciona que el tiempo de penetración no debe ser menor de 10 minutos para temperatura ambiente, para temperaturas entre (4 y 10)°C el tiempo mínimo de penetración es de 20 minutos.
- Como paso siguiente se remueve el exceso de penetrante, frotando un trapo limpio libre de pelusas empapado con cleaner, esto para no formar indicaciones falsas, se debe tener cuidado de no extraer el penetrante introducido en las discontinuidades.
- Para asegurarse que todo el penetrante en exceso sea removido completamente, se inspecciona visualmente en el cuarto oscurecido y bajo la acción de la luz negra.
- Después de eliminar el exceso de penetrante y que la superficie se haya secado correctamente, se aplica revelador D70 Met-L-Chek mediante pulverizador.
- El tiempo de revelado comienza inmediatamente después de la aplicación del revelador.
- Antes de realizar la inspección se espera dentro del cuarto oscuro por lo menos 5 minutos para habitar los ojos a la oscuridad.
- Se utiliza el medidor de intensidad de luz para verificar que la luz visible no sobrepase los 20 lux.
- Antes de realizar la inspección se enciende la lámpara de luz negra 5 minutos antes de proceder a observar los cordones de soldadura.
- Se realiza la observación, inspección y detección de defectos, las cuales se las realiza dentro del cuarto oscuro, los defectos o discontinuidades encontrados se compararán con la norma AWS D1.1 para su aceptación o rechazo.

- Finalmente se limpia el área inspeccionada del penetrante y revelador presente, con la ayuda de un solvente (cleaner), ya que la presencia de estos puede provocar la oxidación acelerada y posibles defectos posteriores.

#### **2.4.3 Evaluación de costos y beneficios del ensayo no destructivo por tintas penetrantes fluorescentes con luz negra**

Mediante un análisis de costos en el proyecto se podrá determinar el valor de realización, además de tiempo y cantidad de los materiales que se ocuparán en el ensayo. Para el tiempo hay que tener en cuenta el tiempo muerto que es todo tipo de retraso que pueda existir en el mismo, estos pueden ser; el tiempo que hay que esperar en el secado y el revelado este tiempo dependerá de la temperatura ambiental. Como siguiente paso se debe programar una secuencia de actividades en el cual se determina la cronología de las actividades.

#### **2.4.4 Programación de actividades para el desarrollo del ensayo de tintas penetrantes fluorescentes**

En la Tabla 10 se muestra la red de programación de actividades para la ejecución del ensayo de tintas penetrantes fluorescentes, del cual se tiene un tiempo aproximado de realización de 98 minutos. Cabe mencionar que en la tabla se suma el tiempo de adecuación del cuarto oscuro que es de 10 minutos aproximadamente, para los ensayos siguientes se restara este tiempo ya que se los realiza en el mismo equipo, quedando como resultado un tiempo de 88 minutos por cada ensayo aplicado a las superficies a inspeccionar.

**Tabla 10. Programación de actividades para la ejecución del ensayo de tintas penetrantes**

<b>N°</b>	<b>Actividad</b>	<b>Tiempo (min)</b>
1	Preparación de tintas penetrantes fluorescentes.	5
2	Adecuación de cuarto oscuro.	10
3	Inspección visual.	3
4	Limpieza mecánica.	7
5	Limpieza química.	4
6	Secado.	2

7	Aplicación de penetrante (FP-923).	2
8	Secado.	20
9	Remoción del exceso de penetrante.	2
10	Aplicación del revelador (D70).	2
11	Secado.	10
12	Encendido de lampara de luz negra.	5
13	Calibración de lampara con medidor de luz.	6
14	Identificación de defectos.	8
15	Verificación con normas.	7
16	Limpieza final.	5
<b>TOTAL:</b>		<b>98</b>

---

## **2.5 Administración**

### **2.5.1 Planeación**

Para obtener resultados correctos en los ensayos de tintas penetrantes fluorescentes, se tiene que considerar lo siguiente:

- Analizar la superficie sobre la cual se va a realizar el ensayo, esto con el fin de que se pueda visualizar los defectos que puedan existir.
- Los equipos para el ensayo deben estar listos antes de empezar hacer el ensayo para así no perder tiempo.
- Para realizar la limpieza previa sobre la superficie se recomienda hacer con paños de fibra para no dejar algún tipo de pelusa y luego provoquen inconvenientes en la visualización de las discontinuidades.
- Para obtener buenos resultados con el ensayo una parte muy importante es la temperatura ambiente la cual debe tener un rango de (15°C a 35°C).

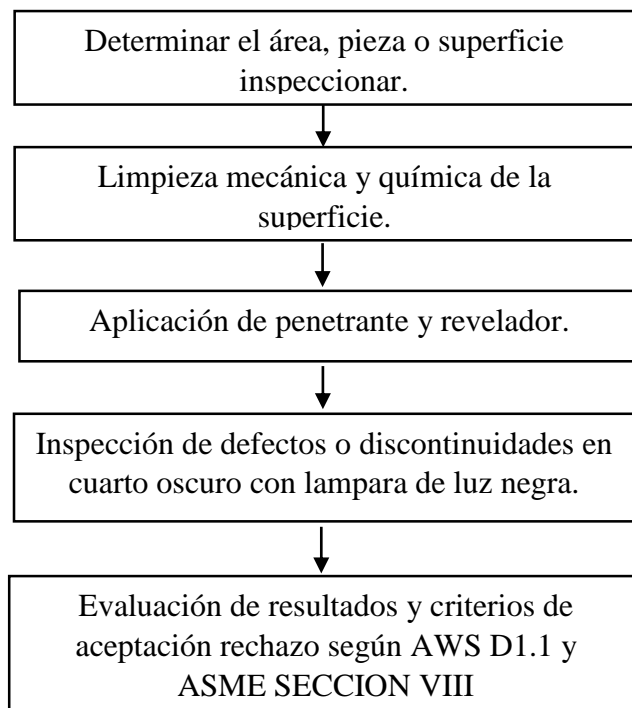
Durante el ensayo hay que tener presente lo siguiente:

- Realizar el ensayo bajo las normas ASTM E-1417, por lo cual es importante estudiarla para tener todo muy claro de cómo se realiza el proceso.
- El ensayo se lo inicia una vez que se haya identificado todas las superficies que se va a trabajar.

- Para colocar el revelador seco es mejor realizarlo en lugares donde no existan corrientes de aire.
- Establecer los niveles de intensidad de luz negra para obtener una correcta visualización de defectos.
- Establecer los criterios de aceptación o rechazo de los defectos encontrados, basándose en la Norma AWS D1.1 y ASME SECCION VIII DIVISION I APENDICE 8.

### 2.5.2 Organización

Una vez realizado el conjunto de actividades descrito para el ensayo de tintas penetrantes fluorescentes removibles con solvente y realizados todos los ensayos en el equipo, se estableció un proceso optimo, el cual se lo describe a continuación:



**Figura 21. Proceso resumido del ensayo de tintas penetrantes**

### 2.5.3 Dirección

El ensayo no destructivo mediante tintas penetrantes fluorescentes, lo puede realizar un operario con ciertos conocimientos en defectología y nivel del I al III en ensayos no destructivos mediante tintas penetrantes.



#### **2.5.4 Control**

Para aplicar el ensayo de una manera correcta y que genere resultados confiables se debe desarrollar bajo las normas para la ejecución de este como son la ASTM E1417, ASTM E165, ASTM E1219, que en conjunto con la experiencia del técnico el ensayo se realizara óptimamente, además analizar los resultados confiablemente según la norma AWS D1.1 y ASME SECCION VIII.

#### **2.5.5 Previsión de la Evaluación**

Una vez que se establezca todo el equipo y materiales necesarios para la realización del ensayo de tintas penetrantes fluorescentes hay que poner ciertos criterios para un correcto desenvolvimiento.

El ensayo de tintas penetrantes fluorescentes no se puede realizar sobre una superficie la cual fue trabajada con tintas penetrantes coloreadas ya que afecta a su visualización final.

Todas las etapas de este ensayo excepto la etapa de visualización, se pueden hacer al aire libre siempre y cuando no exista lluvia ni humedad excesiva ya que puede ocasionar pérdida del revelador seco.

Con la luz negra se podrán observar todas las discontinuidades existentes en la superficie trabajada, pero no está demás que se ayude con una lupa para poder tener un aumento de visibilidad y tener más claro los resultados obtenidos.

## 2.6 Operacionalización de variables

### 2.6.1 Variable independiente

El método de tintas penetrantes fluorescentes con luz negra.

**Tabla 11. Operacionalización de la variable independiente del ensayo de tintas penetrantes fluorescentes**

LO ABSTRACTO			LO OPERATIVO	
CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p>El proceso de inspección de penetrantes fluorescentes utiliza un líquido penetrante que flúorese bajo la acción de luz negra UV-A (365 nm). El tinte fluorescente penetra en las indicaciones abiertas a la superficie de la pieza ensayada. El penetrante que entra en las indicaciones se vuelve visible bajo la acción de luz negra en el proceso de inspección. El líquido penetrante debe poseer la capacidad de penetrar, esparcirse, mantener la fluorescencia, y resistir a la evaporación.</p>	Colorante.	¿Ha permitido tener una correcta detección y visualización de defectos?	Las tintas fluorescentes son las que mayor nivel de sensibilidad posee para la inspección de discontinuidades gracias a la fluorescencia que emiten bajo la acción de luz negra ultravioleta.	Observación directa.
	Penetración.	La cantidad de líquido penetrante que se adhiere a la discontinuidad es la correcta.	Principios físicos que atribuyen a la penetración en las discontinuidades.	Observación directa. Comparación con normas ASTM 1417, E165, E1219.

### 2.6.2 Variable dependiente

Detectar defectos superficiales en las juntas soldadas de una tina de fermentación.

**Tabla 12. Operacionalización de la variable dependiente del ensayo de tintas penetrantes fluorescentes**

Lo abstracto			Lo operativo	
Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumentos
Defectos que se observan a simple vista, sin importar la profundidad de las juntas soldadas, específicamente en acero AISI 304 el cual es el material con el que fue construido la tina de fermentación.	Imperfecciones	¿Cantidad de imperfecciones visibles?	El área de ensayo cumple con requisitos establecidos en normas.	Observación directa. Comparación con normas de aceptación/rechazo AWS D1.1y ASME SECCION VII DIVISION I.

### CAPÍTULO III

#### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En el capítulo III se planteó una metodología con enfoque investigativo y alcance experimental. Según los criterios de aceptación-rechazo AWS D1.1 y ASME SECCIÓN VIII DIVISIÓN I APÉNDICE 8, la cual establece los parámetros para saber si una discontinuidad es aceptada o rechazada.

En la Figura 33 se observa el diseño y dimensionamiento de la marmita de Perla Andina, con todas sus partes, esto con el fin de poder analizar varios parámetros como son; el material de la marmita, el espesor, los dimensionamientos de la parte superior que es donde se van a realizar el ensayo de tintas penetrantes: Tapa de la marmita, con los cordones externo e interno, la válvula de seguridad, perillas, conexión de entrada de agua, tiradera y el motor para las paletas.

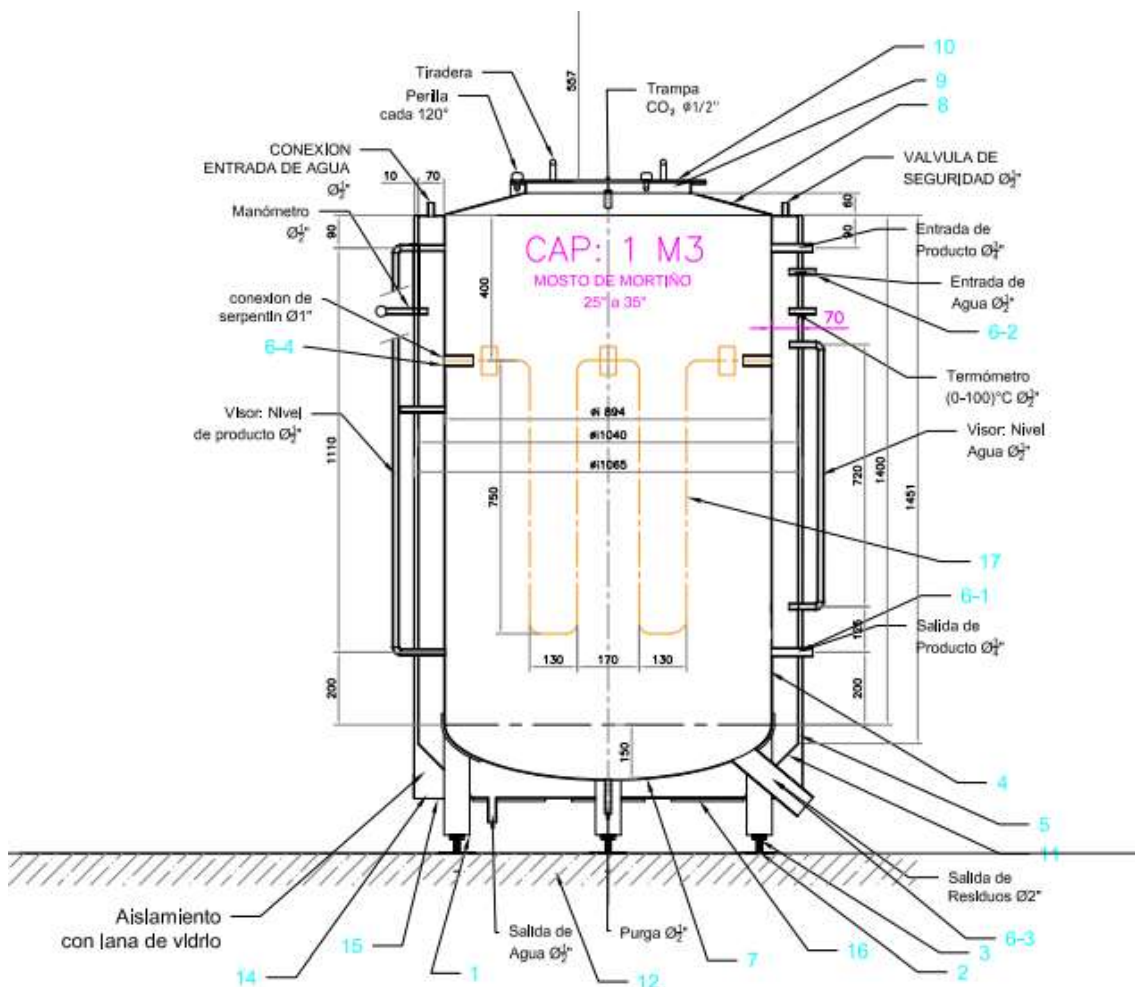
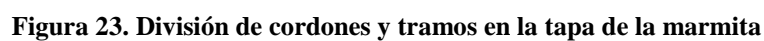
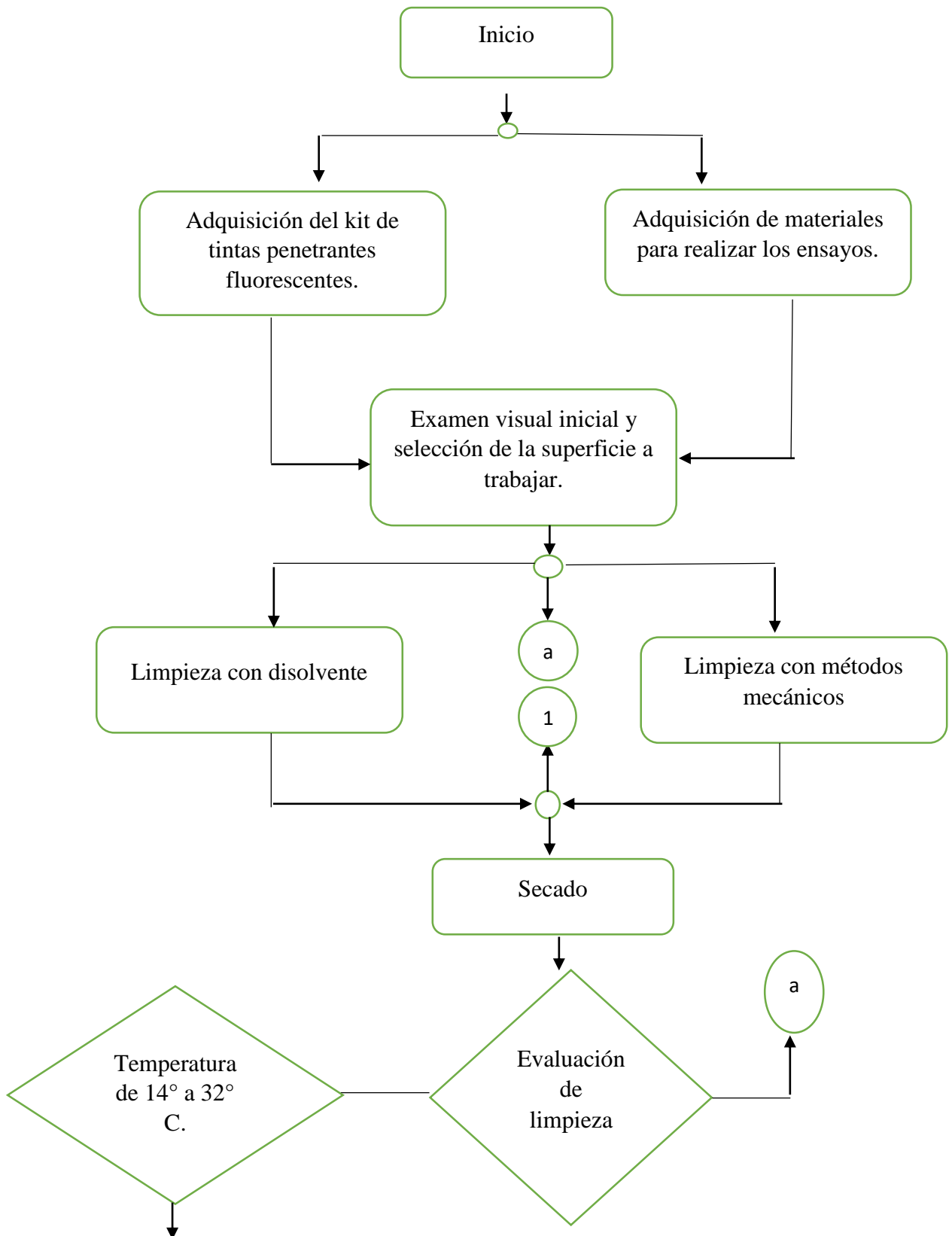


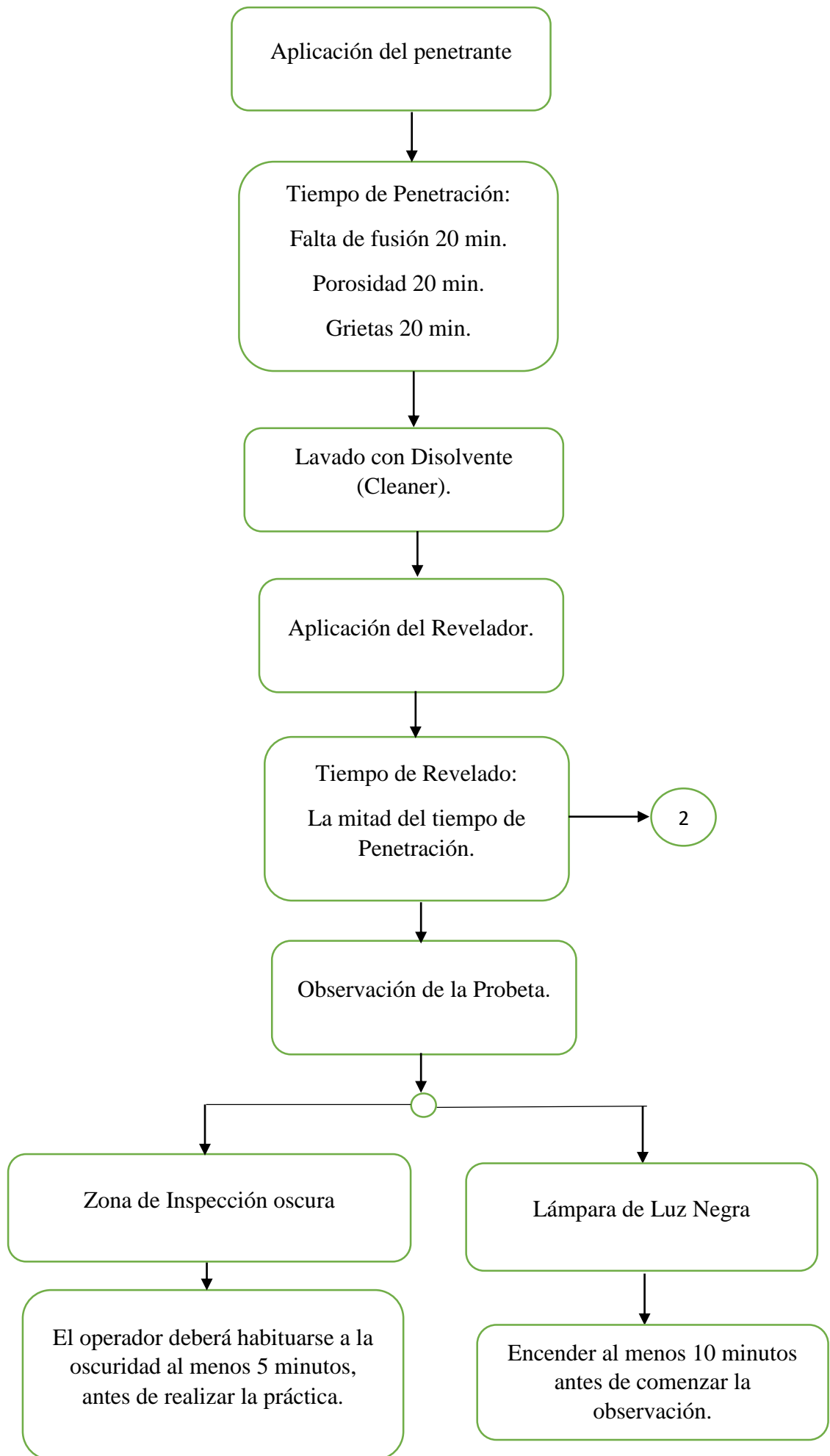
Figura 22. Diseño y dimensiones de la marmita de Perla Andina

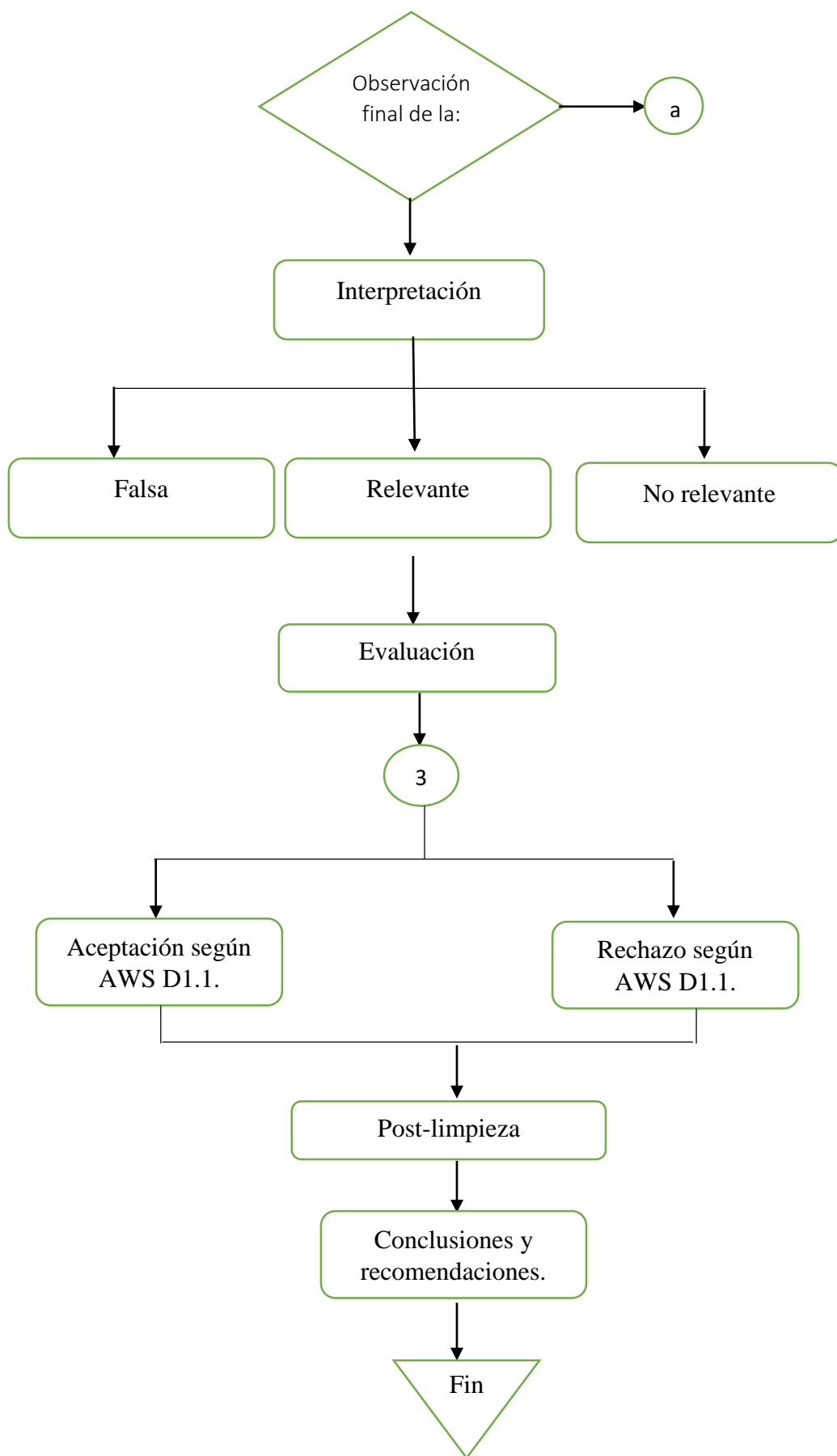
Existen 7 cordones de soldadura, los más grandes son el cordón 1 el cuál se lo dividió en 4 tramos o secciones y se lo representa con una línea de color celeste, luego viene el cordón 2 el cuál se lo dividió en 2 tramos o secciones, se lo representa de color purpura, los otros 5 cordones son pequeños es por ello por lo que no se los dividió.



Al termino de los ensayos no destructivos por tintas penetrantes fluorescentes, tanto en la parte teórica como en la práctica los resultados obtenidos son catalogados como válidos y aceptables para la continuación del trabajo, ahora se indicará un diagrama de ejecución basado en los pasos a seguir para el ensayo.







**Figura 24. Flujograma del procedimiento del ensayo de tintas penetrantes fluorescentes aplicado a la marmita**



### 3.2 Presentación de resultados

ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS			
INFORME DE INSPECCION POR TINTAS PENETRANTES FLUORESCENTES			
UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA			
INGENIERIA MECANICA			
<b>IF:</b> Falta de fusión	<b>Pa:</b> Porosidad aislada	<b>CP:</b> Nido de poros.	<b>IL:</b> Indicación lineal
<b>F:</b> Fisura	<b>Pd:</b> Porosidad distribuida	<b>M:</b> Mordeduras	<b>O:</b> Otros
<b>Ensayo N</b>	1	<b>Tramo:</b>	T1
<b>Solicitante:</b>	UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA	<b>Designación del tramo:</b>	CORDON 1 TAPA EXTERNA
<b>Dirección:</b>	Quito	<b>Dirección:</b>	Av. Rumichaca
<b>Procedimiento:</b>	Líquidos Penetrantes	<b>Material Base:</b>	ACERO A304
<b>Técnica:</b>	Fluorescentes	<b>Material de aporte:</b>	ER 308L
<b>Temperatura:</b>	29,9 °C	<b>Limpieza mecánica:</b>	Cepillo de acero
<b>LIMPIEZA INICIAL</b>			
<b>Tipo:</b>	Pulverizador en aerosol	<b>Marca:</b>	MET L CHEK
<b>Identificación:</b>	Cleaner E59A	<b>Tiempo de limpieza:</b>	3,36 minutos
		<b>Secado:</b>	Evaporación normal al ambiente.
<b>LIQUIDO PENETRANTE</b>			
<b>Tipo</b>	Pulverizador en aerosol	<b>Marca:</b>	MET L CHEK
<b>Identificación:</b>	FP-923	<b>Tiempo de penetración:</b>	15 minutos
		<b>Secado:</b>	Evaporación normal al ambiente.
<b>REVELADO</b>			
<b>Tipo:</b>	Pulverizador en aerosol	<b>Marca:</b>	MET L CHEK
<b>Identificación:</b>	Revelador D70	<b>Tiempo de revelado:</b>	10 minutos
		<b>Secado:</b>	Evaporación normal al ambiente.
<b>ILUMINACION REQUERIDA</b>			
<b>Lampara de UV:</b>	3670 u·W·cm <sup>-2</sup>	Calibrada	<b>Iluminación máxima en cuarto oscuro:</b>
<b>Luxómetro:</b>	0.3 lux	Calibrado	20 LUX
<b>Tipo de soldadura</b>	<b>Calificación</b>	<b>Diámetro o Longitud inspeccionada (cm)</b>	<b>Ubicación de defectos observaciones</b>
	SI NO		
TIG	X	22,35	IF
<b>Observaciones:</b>	La aplicación del penetrante según normativa recomienda que se la realice a 25 centímetros de distancia de la superficie a examinar.	<b>Código de referencia:</b>	<b>Numero de ficha:</b> 1 AWS D1,1 - ASME SECCION VIII DIVISION I APENDICE 8
	<b>Realizado por:</b>	<b>Supervisado por:</b>	
<b>Nombres:</b>	Sebastián Gómez	Ing. Milton Jami	
	Jean Pierre Izquierdo	Ing. Marcos A. Hechavarría S.	
<b>Cargo:</b>	Ejecutor		<b>Página 1/2</b>

## ETAPA DE INSPECCION DE DISCONTINUIDADES BAJO EFECTO DE LUZ ULTRAVIOLETA

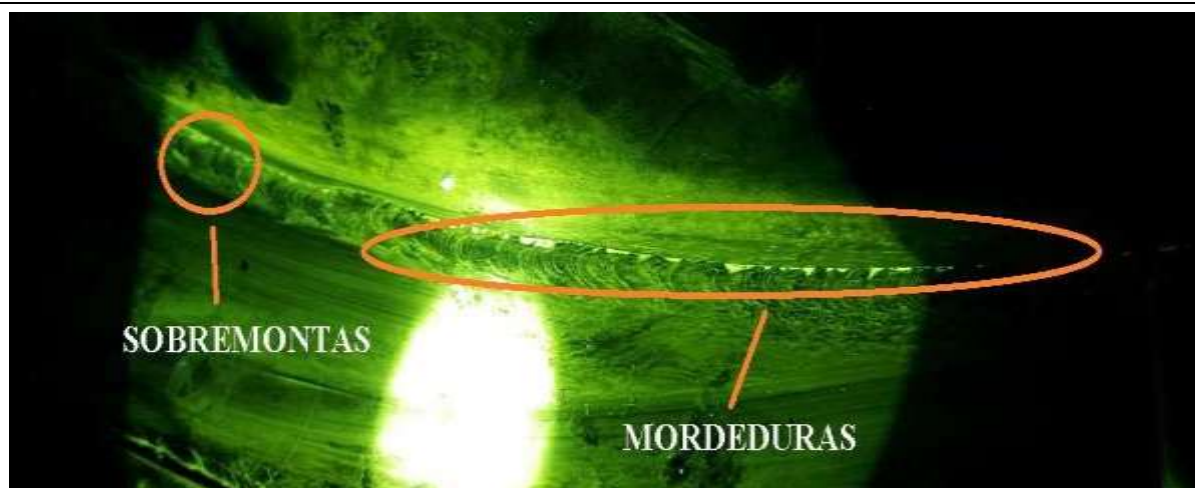


Figura 25. Examinación de discontinuidades del tramo 1 del cordón 1

## DIMENSION DE LA SUPERFICIE EXAMINADA



Figura 26. Diseño 3D del tramo 1

## Interpretación de resultados:

- Existen varias mordeduras a lo largo de todo el cordón de soldadura, por tal motivo la junta examinada queda rechazada ya que la normativa AWS D1.1 especifica que todos los cráteres o mordeduras deben ser rellenados. Una de las principales causas por las que se producen estos defectos es un amperaje demasiado elevado al momento de soldar, una recomendación es adaptar la intensidad del amperaje al electrodo que se está usando.

- A lo largo del cordón de soldadura existe una sobremonta, dicho defecto según la normativa no constituye como una discontinuidad de rechazo a la junta, solamente es inapropiado estéticamente.

Observaciones:		Numero de informe:	
Se debe realizar una correcta remoción del exceso de penetrante, teniendo cuidado de no quitar el penetrante de las discontinuidades.			1
		Código de referencia:	AWS D1.1 - ASME SECCION VIII APENDICE I DIVISION 8
	Realizado por:	Supervisado por:	
Nombres:	Sebastián Gómez	Ing. Milton Jami	
	Jean Pierre Izquierdo	Ing. Marcos A. Hechavarría S.	
Cargo:	Ejecutor		
Firma:			
Fecha:			Página 2/2

ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS			
INFORME DE INSPECCION POR TINTAS PENETRANTES FLUORESCENTES			
UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA			
INGENIERIA MECANICA			
<b>IF:</b> Falta de fusión	<b>Pa:</b> Porosidad aislada	<b>CP:</b> Nido de poros.	<b>IL:</b> Indicación lineal
<b>F:</b> Fisura	<b>Pd:</b> Porosidad distribuida	<b>M:</b> Mordeduras	<b>O:</b> Otros
<b>Ensayo N</b>	2	<b>Tramo:</b>	T2
<b>Solicitante:</b>	UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA	<b>Designación del tramo:</b>	CORDON 1 TAPA EXTERNA
<b>Dirección:</b>	Quito	<b>Dirección:</b>	Av. Rumichaca
<b>Procedimiento:</b>	Líquidos Penetrantes	<b>Material Base:</b>	ACERO A304
<b>Técnica:</b>	Fluorescentes	<b>Material de aporte:</b>	ER 308L
<b>Temperatura:</b>	29 °C	<b>Limpieza mecánica:</b>	Cepillo de acero
<b>LIMPIEZA INICIAL</b>			
<b>Tipo:</b>	Pulverizador en aerosol	<b>Marca:</b>	MET L CHEK
<b>Identificación:</b>	Cleaner E59A	<b>Tiempo de limpieza:</b>	3,36 minutos
		<b>Secado:</b>	Evaporación normal al ambiente.
<b>LIQUIDO PENETRANTE</b>			
<b>Tipo</b>	Pulverizador en aerosol	<b>Marca:</b>	MET L CHEK
<b>Identificación:</b>	FP-923	<b>Tiempo de penetración:</b>	15 minutos
		<b>Secado:</b>	Evaporación normal al ambiente.
<b>REVELADO</b>			
<b>Tipo:</b>	Pulverizador en aerosol	<b>Marca:</b>	MET L CHEK
<b>Identificación:</b>	Revelador D70	<b>Tiempo de revelado:</b>	10 minutos
		<b>Secado:</b>	Evaporación normal al ambiente.
<b>ILUMINACION REQUERIDA</b>			
<b>Lampara de UV:</b>	3670 u·W·cm <sup>-2</sup>	Calibrada	<b>Iluminación máxima en cuarto oscuro:</b>
<b>Luxómetro:</b>	0.3 lux	Calibrado	20 LUX
<b>Tipo de soldadura</b>	<b>Calificación</b>	<b>Diámetro o Longitud inspeccionada (cm)</b>	<b>Ubicación de defectos observaciones</b>
	SI NO		
<b>TIG</b>	X	22,35	M - Pa SOBREMONTA
<b>Observaciones:</b>	Para realizar la aplicación del penetrante se requiere hacer una limpieza correcta a la superficie a examinar y dejar que tenga su tiempo estipulado de secado.		<b>Numero de ficha:</b> 2
		<b>Código de referencia:</b>	AWS D1,1 - ASME SECCION VIII DIVISION I APENDICE 8
	<b>Realizado por:</b>	<b>Supervisado por:</b>	
<b>Nombres:</b>	Sebastián Gómez	Ing. Milton Jami	
	Jean Pierre Izquierdo	Ing. Marcos A. Hechavarría S.	
<b>Cargo:</b>	Ejecutor		<b>Página 1/2</b>

## ETAPA DE INSPECCION DE DISCONTINUIDADES BAJO EFECTO DE LUZ ULTRAVIOLETA



Figura 27. Examinación de discontinuidades del tramo 2 del cordón 1

## DIMENSION DE LA SUPERFICIE EXAMINADA

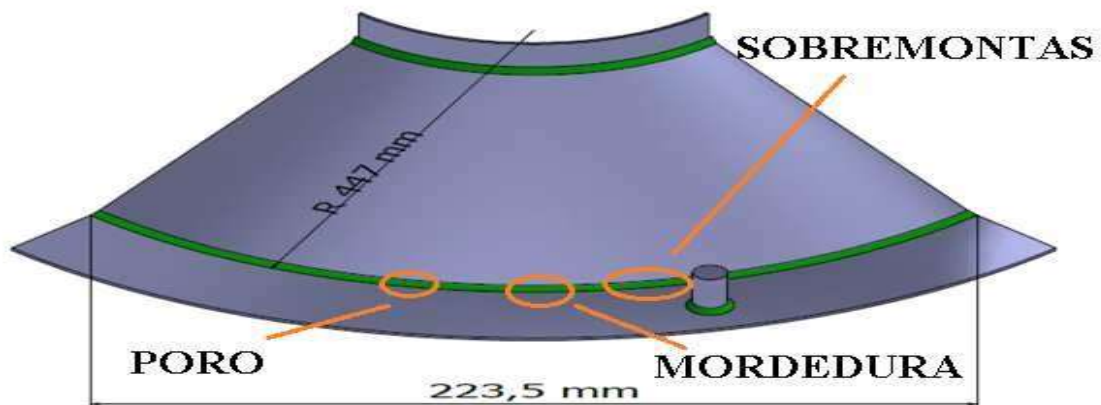


Figura 28. Diseño 3D del tramo 2 del cordón 1

## Interpretación de resultados:

- A lo largo del tramo de cordón de soldadura examinado, se puede identificar una pequeña mordedura, la cual es aceptable. Para evitar este tipo de inconvenientes se debe disminuir la velocidad de deposición, también conviene utilizar un electrodo de menor diámetro.
- En el cordón de soldadura existen sobremontas, pero estas no son un defecto de rechazo de la junta soldada, solo estéticamente termina siendo inadecuado.
- Existe un poro de 1 mm de diámetro lo cual no corresponde a un defecto de rechazo de la junta, esto se puede corregir evitando la presencia de humedad durante el proceso de soldadura.

Observaciones:		Numero de informe:	
Al momento de aplicar el penetrante se debe tener en cuenta de rociar la lata a unos 25 centímetros de distancia de la superficie a examinar.			2
		Código de referencia:	AWS D1.1 - ASME SECCION VIII APENDICE I DIVISION 8
	Realizado por:	Supervisado por:	
Nombres:	Sebastián Gómez	Ing. Milton Jami	
	Jean Pierre Izquierdo	Ing. Marcos Hechavarria	
Cargo:	Ejecutor		
Firma:			
Fecha:			Página 2/2

ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS			
INFORME DE INSPECCION POR TINTAS PENETRANTES FLUORESCENTES			
UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA			
INGENIERIA MECANICA			
<b>IF:</b> Falta de fusión	<b>Pa:</b> Porosidad aislada	<b>CP:</b> Nido de poros.	<b>IL:</b> Indicación lineal
<b>F:</b> Fisura	<b>Pd:</b> Porosidad distribuida	<b>M:</b> Mordeduras	<b>O:</b> Otros
<b>Ensayo N</b>	3	<b>Tramo:</b>	T3
<b>Solicitante:</b>	UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA	<b>Designación del tramo:</b>	CORDON 1 TAPA EXTERNA
<b>Dirección:</b>	Quito	<b>Dirección:</b>	Av. Rumichaca
<b>Procedimiento:</b>	Líquidos Penetrantes	<b>Material Base:</b>	ACERO A304
<b>Técnica:</b>	Fluorescentes	<b>Material de aporte:</b>	ER 308L
<b>Temperatura:</b>	26,5 °C	<b>Limpieza mecánica:</b>	Cepillo de acero
<b>LIMPIEZA INICIAL</b>			
<b>Tipo:</b>	Pulverizador en aerosol	<b>Marca:</b>	MET L CHEK
<b>Identificación:</b>	Cleaner E59A	<b>Tiempo de limpieza:</b>	3,36 minutos
		<b>Secado:</b>	Evaporación normal al ambiente.
<b>LIQUIDO PENETRANTE</b>			
<b>Tipo</b>	Pulverizador en aerosol	<b>Marca:</b>	MET L CHEK
<b>Identificación:</b>	FP-923	<b>Tiempo de penetración:</b>	15 minutos
		<b>Secado:</b>	Evaporación normal al ambiente.
<b>REVELADO</b>			
<b>Tipo:</b>	Pulverizador en aerosol	<b>Marca:</b>	MET L CHEK
<b>Identificación:</b>	Revelador D70	<b>Tiempo de revelado:</b>	10 minutos
		<b>Secado:</b>	Evaporación normal al ambiente.
<b>ILUMINACION REQUERIDA</b>			
<b>Lampara de UV:</b>	3670 . .	Calibrada	<b>Iluminación máxima en cuarto oscuro:</b>
<b>Luxómetro:</b>	0.3 lux	Calibrado	20 LUX
<b>Tipo de soldadura</b>	<b>Calificación</b>	<b>Diámetro o Longitud inspeccionada (cm)</b>	<b>Ubicación de defectos observaciones</b>
	SI NO		
<b>TIG</b>	X	22,35	Pa - M - IL - CP SOBREMONTAS
<b>Observaciones:</b>	Para el proceso de limpieza realizar primero la limpieza química, segundo la limpieza mecánica y terminar con el limpiador cleaner E59A.	<b>Código de referencia:</b>	<b>Numero de ficha:</b> 3 AWS D1,1 - ASME SECCION VIII DIVISION I APENDICE 8
	<b>Realizado por:</b>	<b>Supervisado por:</b>	
<b>Nombres:</b>	Sebastián Gómez	Ing. Milton Jami	
	Jean Pierre Izquierdo	Ing. Marcos Hechavarria	
<b>Cargo:</b>	Ejecutor		<b>Página 1/2</b>



## ETAPA DE INSPECCION DE DISCONTINUIDADES BAJO EFECTO DE LUZ ULTRAVIOLETA

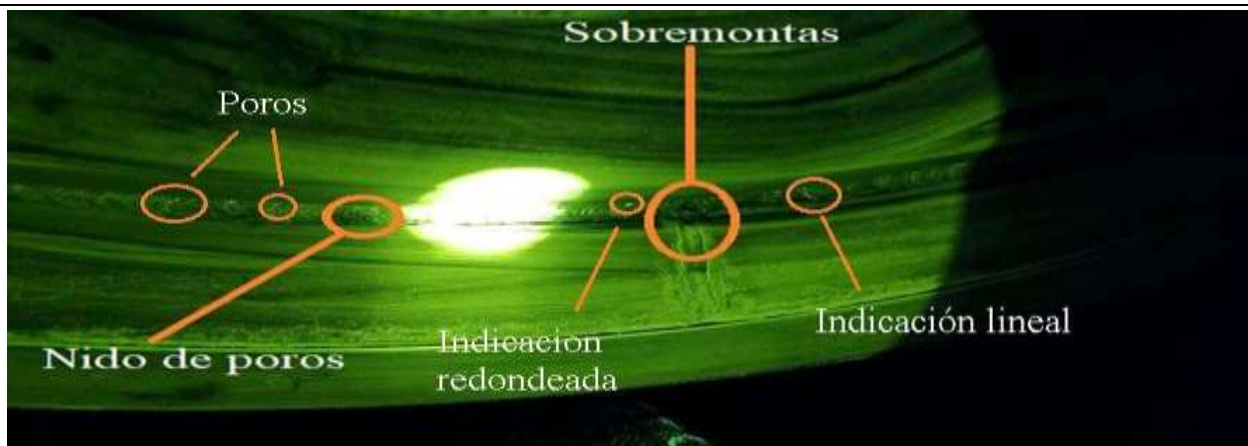


Figura 29. Examinación de discontinuidades del tramo 3 del cordón 1

## DIMENSION DE LA SUPERFICIE EXAMINADA

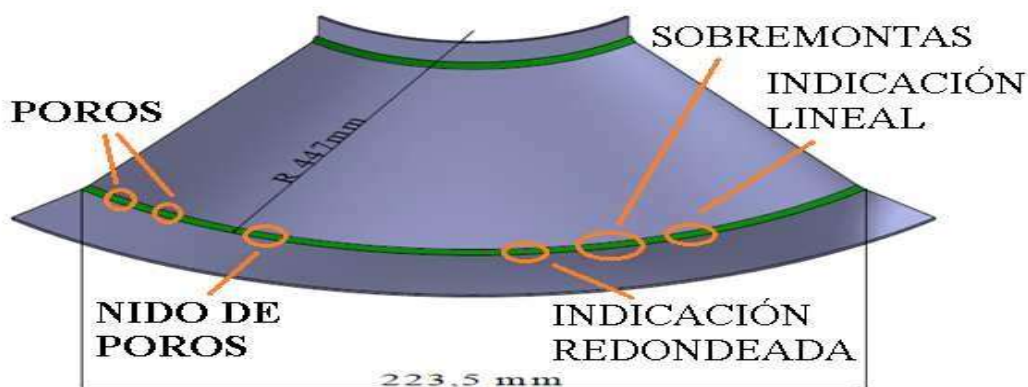



Figura 30. Diseño 3D del tramo 3 del cordón 1

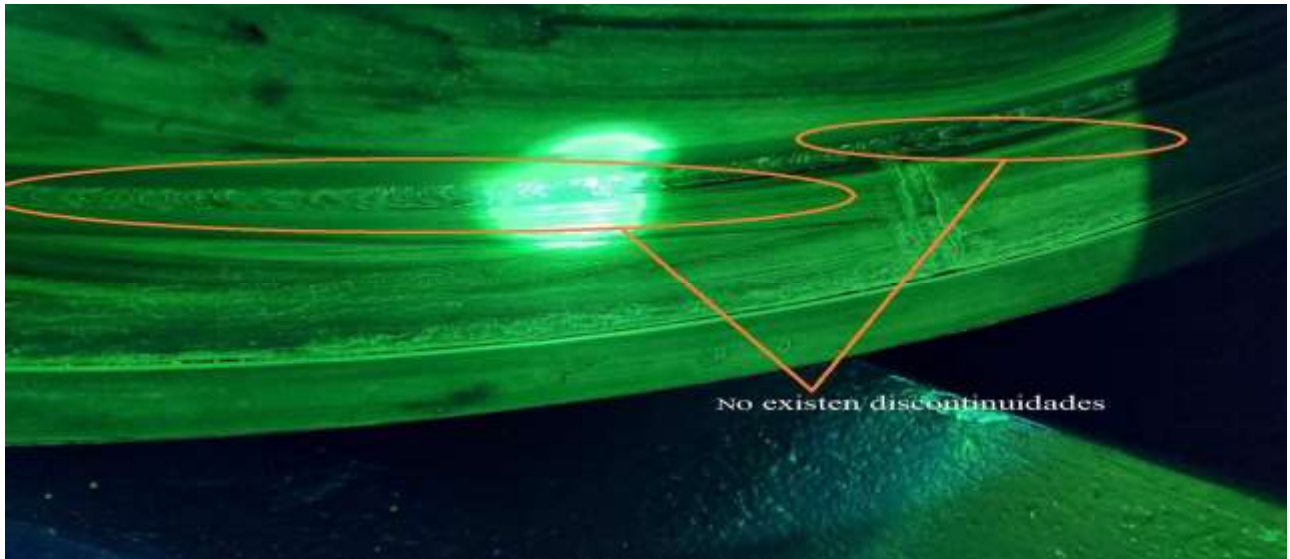
## Interpretación de resultados:

- A lo largo del cordón examinado se identificó un nido de poros lo cual hace que la soldadura quede rechazada según la norma AWS D1.1. Se debe verificar que los electrodos no presenten humedad para evitar estos inconvenientes.
- A lo largo del cordón de soldadura se pudo identificar una indicación lineal con una longitud de 5 mm, lo cual es un defecto de rechazo de la junta ya que según ASME sección VIII apéndice 1 división 8, la superficie examinada debe estar libre de indicaciones lineales relevantes.
- Existe una indicación redondeada de 1,7 mm correspondiente a una porosidad, la cual no se considera un defecto de rechazo según ASME sección VII apéndice I división 8.
- Existen sobremontas en la junta examinada lo cual solo corresponde a un defecto desde el punto de vista estético, mas no es motivo de rechazo.
- Existen pequeños poros lo cuales no sobrepasan 1 milímetro de diámetro por lo que no es un defecto de rechazo.

Observaciones:		Numero de informe:	
Los examinadores deben adaptar la vista a la oscuridad por un mínimo de 10 minutos.		3	
		Código de referencia:	AWS D1.1 - ASME SECCION VIII APENDICE I DIVISION 8
	Realizado por:	Supervisado por:	
Nombres:	Sebastián Gómez	Ing. Milton Jami	
	Jean Pierre Izquierdo	Ing. Marcos A. Hechavarría S.	
Cargo:	Ejecutor		
Firma:			
Fecha:			Página 2/2

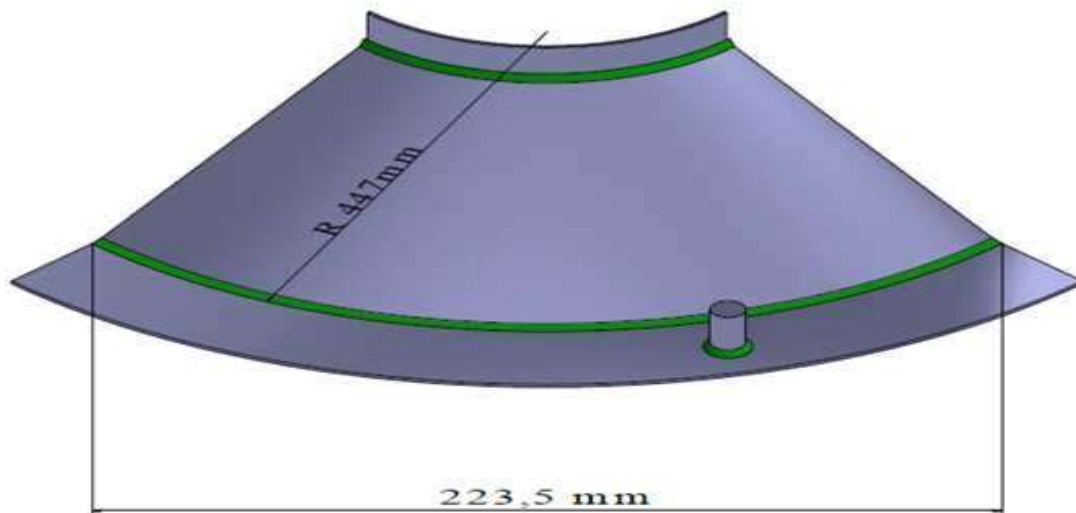
<b>ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS</b>				
<b>INFORME DE INSPECCION POR TINTAS PENETRANTES FLUORESCENTES</b>				
<b>UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA</b>				
<b>INGENIERIA MECANICA</b>				
<b>IF:</b> Falta de fusión	<b>Pa:</b> Porosidad aislada	<b>CP:</b> Nido de poros.	<b>IL:</b> Indicación lineal	
<b>F:</b> Fisura	<b>Pd:</b> Porosidad distribuida	<b>M:</b> Mordeduras	<b>O:</b> Otros	
<b>Ensayo N</b>	4	<b>Tramo:</b>	T4	
<b>Solicitante:</b>	UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA	<b>Designación del tramo:</b>	CORDON 1 TAPA EXTERNA	
<b>Dirección:</b>	Quito	<b>Dirección:</b>	Av. Rumichaca	
<b>Procedimiento:</b>	Líquidos Penetrantes	<b>Material Base:</b>	ACERO A304	
<b>Técnica:</b>	Fluorescentes	<b>Material de aporte:</b>	ER 308L	
<b>Temperatura:</b>	28,3 °C	<b>Limpieza mecánica:</b>	Cepillo de acero	
<b>LIMPIEZA INICIAL</b>				
<b>Tipo:</b>	Pulverizador en aerosol	<b>Marca:</b>	MET L CHEK	
<b>Identificación:</b>	Cleaner E59A	<b>Tiempo de limpieza:</b>	3,36 minutos	
		<b>Secado:</b>	Evaporación normal al ambiente.	
<b>LIQUIDO PENETRANTE</b>				
<b>Tipo</b>	Pulverizador en aerosol	<b>Marca:</b>	MET L CHEK	
<b>Identificación:</b>	FP-923	<b>Tiempo de penetración:</b>	15 minutos	
		<b>Secado:</b>	Evaporación normal al ambiente.	
<b>REVELADO</b>				
<b>Tipo:</b>	Pulverizador en aerosol	<b>Marca:</b>	MET L CHEK	
<b>Identificación:</b>	Revelador D70	<b>Tiempo de revelado:</b>	10 minutos	
		<b>Secado:</b>	Evaporación normal al ambiente.	
<b>ILUMINACION REQUERIDA</b>				
<b>Lampara de UV:</b>	3670 u·W·cm <sup>-2</sup>	Calibrada	<b>Iluminación máxima en cuarto oscuro:</b>	
<b>Luxómetro:</b>	0.3 lux	Calibrado	20 LUX	
<b>Tipo de soldadura</b>	<b>Calificación</b>		<b>Diámetro o Longitud inspeccionada (cm)</b>	<b>Ubicación de defectos observaciones</b>
	SI	NO		
<b>TIG</b>	<b>X</b>		22,35	
<b>Observaciones:</b>	Para realizar el proceso del penetrante, según la normativa recomienda que se la realice a una distancia de 25 cm.			<b>Numero de ficha:</b>
				4
			<b>Código de referencia:</b>	AWS D1,1 - ASME SECCION VIII DIVISION I APENDICE 8
	<b>Realizado por:</b>	<b>Supervisado por:</b>		
<b>Nombres:</b>	Sebastián Gómez	Ing. Milton Jami		
	Jean Pierre Izquierdo	Ing. Marcos A. Hechavarría S.		
<b>Cargo:</b>	Ejecutor		<b>Página 1/2</b>	

**ETAPA DE INSPECCION DE DISCONTINUIDADES BAJO EFECTO DE LUZ ULTRAVIOLETA**



**Figura 31. Examinación de discontinuidades del tramo 4 del cordón 1**

**DIMENSION DE LA SUPERFICIE EXAMINADA**




**Figura 32. Diseño 3D del tramo 4 del cordón 1**

**Interpretación de resultados:**

No existen discontinuidades en el tramo 4, la soldadura es aceptada.

<b>Observaciones:</b>			<b>Numero de informe:</b>
Calentar la lampara de luz negra por 10 minutos antes de empezar la examinación.			4
		<b>Código de referencia:</b>	AWS D1.1 - ASME SECCION VIII APENDICE I DIVISION 8
	<b>Realizado por:</b>	<b>Supervisado por:</b>	
<b>Nombres:</b>	Sebastián Gómez	Ing. Milton Jami	
	Jean Pierre Izquierdo	Ing. Marcos A. Hechavarría S.	
<b>Cargo:</b>	Ejecutor		
<b>Firma:</b>			
<b>Fecha:</b>			<b>Página 2/2</b>



<b>ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS</b>				
<b>INFORME DE INSPECCION POR TINTAS PENETRANTES FLUORESCENTES</b>				
<b>UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA</b>				
<b>INGENIERIA MECANICA</b>				
<b>IF:</b> Falta de fusión	<b>Pa:</b> Porosidad aislada	<b>CP:</b> Nido de poros.	<b>IL:</b> Indicación lineal	
<b>F:</b> Fisura	<b>Pd:</b> Porosidad distribuida	<b>M:</b> Mordeduras	<b>O:</b> Otros	
<b>Ensayo N</b>	5	<b>Tramo:</b>	T1	
<b>Solicitante:</b>	UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA	<b>Designación del tramo:</b>	CORDÓN 2 TAPA INTERNA	
<b>Dirección:</b>	Quito	<b>Dirección:</b>	Av. Rumichaca	
<b>Procedimiento:</b>	Líquidos Penetrantes	<b>Material Base:</b>	ACERO A304	
<b>Técnica:</b>	Fluorescentes	<b>Material de aporte:</b>	ER 308L	
<b>Temperatura:</b>	30,4 °C	<b>Limpieza mecánica:</b>	Cepillo de acero	
<b>LIMPIEZA INICIAL</b>				
<b>Tipo:</b>	Pulverizador en aerosol	<b>Marca:</b>	MET L CHEK	
<b>Identificación:</b>	Cleaner E59A	<b>Tiempo de limpieza:</b>	3,36 minutos	
		<b>Secado:</b>	Evaporación normal al ambiente.	
<b>LIQUIDO PENETRANTE</b>				
<b>Tipo</b>	Pulverizador en aerosol	<b>Marca:</b>	MET L CHEK	
<b>Identificación:</b>	FP-923	<b>Tiempo de penetración:</b>	15 minutos	
		<b>Secado:</b>	Evaporación normal al ambiente.	
<b>REVELADO</b>				
<b>Tipo:</b>	Pulverizador en aerosol	<b>Marca:</b>	MET L CHEK	
<b>Identificación:</b>	Revelador D70	<b>Tiempo de revelado:</b>	10 minutos	
		<b>Secado:</b>	Evaporación normal al ambiente.	
<b>ILUMINACION REQUERIDA</b>				
<b>Lampara de UV:</b>	3670 u·W·cm <sup>-2</sup>	Calibrada	<b>Iluminación máxima en cuarto oscuro:</b>	
<b>Luxómetro:</b>	0.3 lux	Calibrado	20 LUX	
<b>Tipo de soldadura</b>	<b>Calificación</b>	<b>Diámetro o Longitud inspeccionada (cm)</b>	<b>Ubicación de defectos observaciones</b>	
	SI NO			
<b>TIG</b>	X	22,5		
<b>Observaciones:</b>	Para realizar la aplicación del penetrante se requiere hacer una limpieza correcta a la superficie a examinar y dejar que tenga su tiempo estipulado de secado.		<b>Numero de ficha:</b>	
			5	
		<b>Código de referencia:</b>	AWS D1,1 - ASME SECCION VIII DIVISION I APENDICE 8	
	<b>Realizado por:</b>	<b>Supervisado por:</b>		
<b>Nombres:</b>	Sebastián Gómez	Ing. Milton Jami		
	Jean Pierre Izquierdo	Ing. Marcos A. Hechavarría S.		
<b>Cargo:</b>	Ejecutor		<b>Página 1/2</b>	

## ETAPA DE INSPECCION DE DISCONTINUIDADES BAJO EFECTO DE LUZ ULTRAVIOLETA

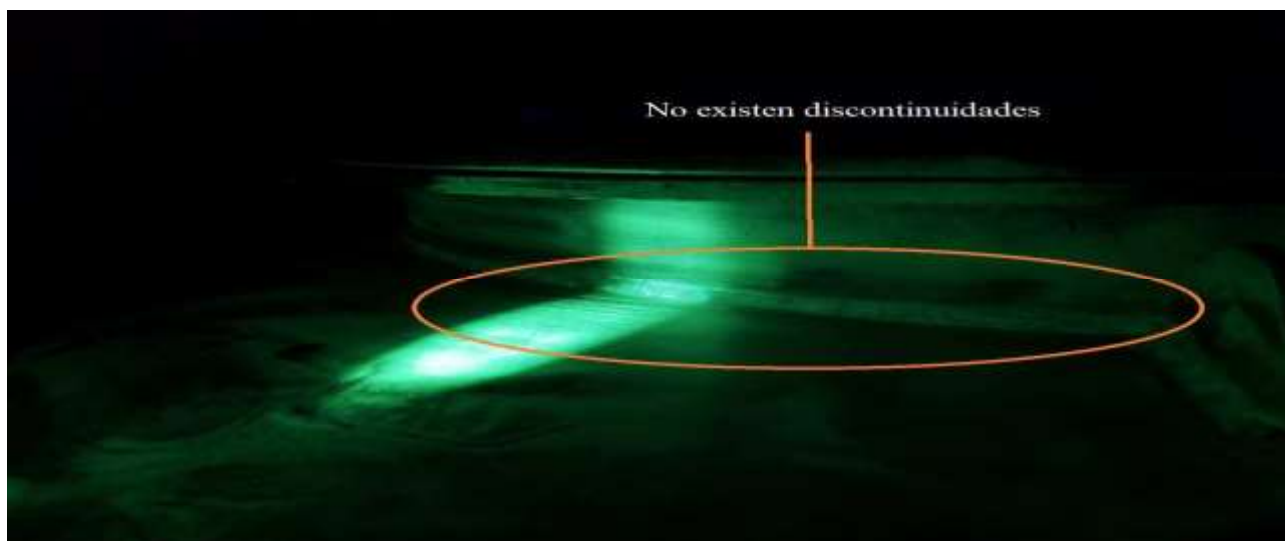


Figura 33. Examinación de discontinuidades del tramo 1 del cordón 2

### DIMENSION DE LA SUPERFICIE EXAMINADA

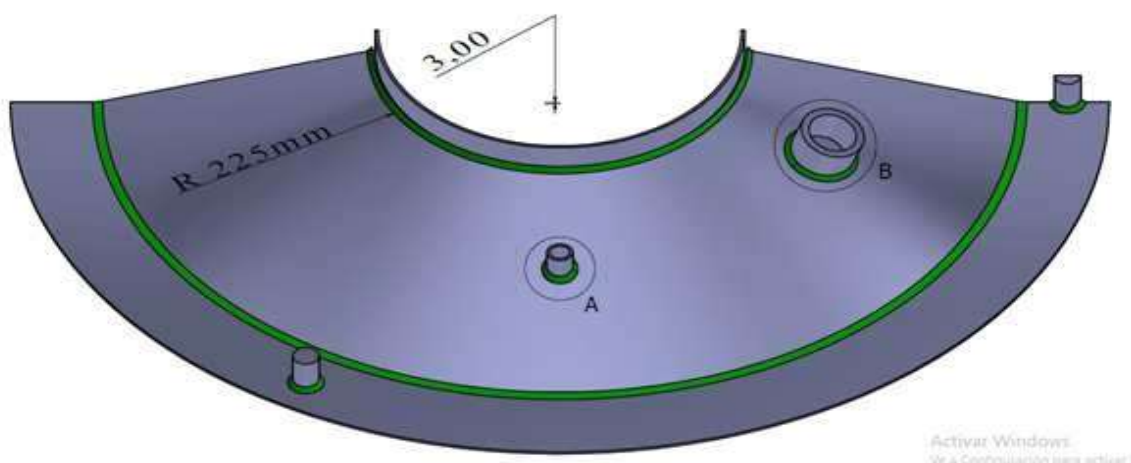


Figura 34. Diseño 3D del tramo1 del cordón 2

### Interpretación de resultados:

No existen discontinuidades en el tramo 1 del cordón 2, por lo cual la soldadura es aceptada.

Observaciones:		Numero de informe:	
Aplicar de manera adecuada el revelador es de carácter imperativo ya que se debe aplicar una capa fina evitando enmascarar las discontinuidades.			5
		<b>Código de referencia:</b>	AWS D1.1 - ASME SECCION VIII APENDICE I DIVISION 8
	<b>Realizado por:</b>	<b>Supervisado por:</b>	
<b>Nombres:</b>	Sebastián Gómez	Ing. Milton Jami	
	Jean Pierre Izquierdo	Ing. Marcos A. Hechavarría S.	
<b>Cargo:</b>	Ejecutor		
<b>Firma:</b>			
<b>Fecha:</b>			<b>Página 2/2</b>

<b>ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS</b>			
<b>INFORME DE INSPECCION POR TINTAS PENETRANTES FLUORESCENTES</b>			
<b>UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA</b>			
<b>INGENIERIA MECANICA</b>			
<b>IF:</b> Falta de fusión	<b>Pa:</b> Porosidad aislada	<b>CP:</b> Nido de poros.	<b>IL:</b> Indicación lineal
<b>F:</b> Fisura	<b>Pd:</b> Porosidad distribuida	<b>M:</b> Mordeduras	<b>O:</b> Otros
<b>Ensayo N</b>	6	<b>Tramo:</b>	T2
<b>Solicitante:</b>	UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA	<b>Designación del tramo:</b>	CORDÓN 2 TAPA INTERNA
<b>Dirección:</b>	Quito	<b>Dirección:</b>	Av. Rumichaca
<b>Procedimiento:</b>	Líquidos Penetrantes	<b>Material Base:</b>	ACERO A304
<b>Técnica:</b>	Fluorescentes	<b>Material de aporte:</b>	ER 308L
<b>Temperatura:</b>	30,2 °C	<b>Limpieza mecánica:</b>	Cepillo de acero
<b>LIMPIEZA INICIAL</b>			
<b>Tipo:</b>	Pulverizador en aerosol	<b>Marca:</b>	MET L CHEK
<b>Identificación:</b>	Cleaner E59A	<b>Tiempo de limpieza:</b>	3,36 minutos
		<b>Secado:</b>	Evaporación normal al ambiente.
<b>LIQUIDO PENETRANTE</b>			
<b>Tipo</b>	Pulverizador en aerosol	<b>Marca:</b>	MET L CHEK
<b>Identificación:</b>	FP-923	<b>Tiempo de penetración:</b>	15 minutos
		<b>Secado:</b>	Evaporación normal al ambiente.
<b>REVELADO</b>			
<b>Tipo:</b>	Pulverizador en aerosol	<b>Marca:</b>	MET L CHEK
<b>Identificación:</b>	Revelador D70	<b>Tiempo de revelado:</b>	10 minutos
		<b>Secado:</b>	Evaporación normal al ambiente.
<b>ILUMINACION REQUERIDA</b>			
<b>Lampara de UV:</b>	3670 . .	Calibrada	<b>Iluminación máxima en cuarto oscuro:</b>
<b>Luxómetro:</b>	0.3 lux	Calibrado	20 LUX
<b>Tipo de soldadura</b>	<b>Calificación</b>	<b>Diámetro o Longitud inspeccionada (cm)</b>	<b>Ubicación de defectos observaciones</b>
	SI NO		
<b>TIG</b>	X	22,5	
<b>Observaciones:</b>	Para el proceso de limpieza realizar primero la limpieza química, segundo la limpieza mecánica y terminar con el limpiador cleaner E59A.	<b>Numero de ficha:</b>	
		6	
		<b>Código de referencia:</b>	AWS D1,1 - ASME SECCION VIII DIVISION I APENDICE 8
	<b>Realizado por:</b>	<b>Supervisado por:</b>	
<b>Nombres:</b>	Sebastián Gómez	Ing. Milton Jami	
	Jean Pierre Izquierdo	Ing. Marcos A. Hechavarría S.	
<b>Cargo:</b>	Ejecutor		<b>Página 1/2</b>

## ETAPA DE INSPECCION DE DISCONTINUIDADES BAJO EFECTO DE LUZ ULTRAVIOLETA

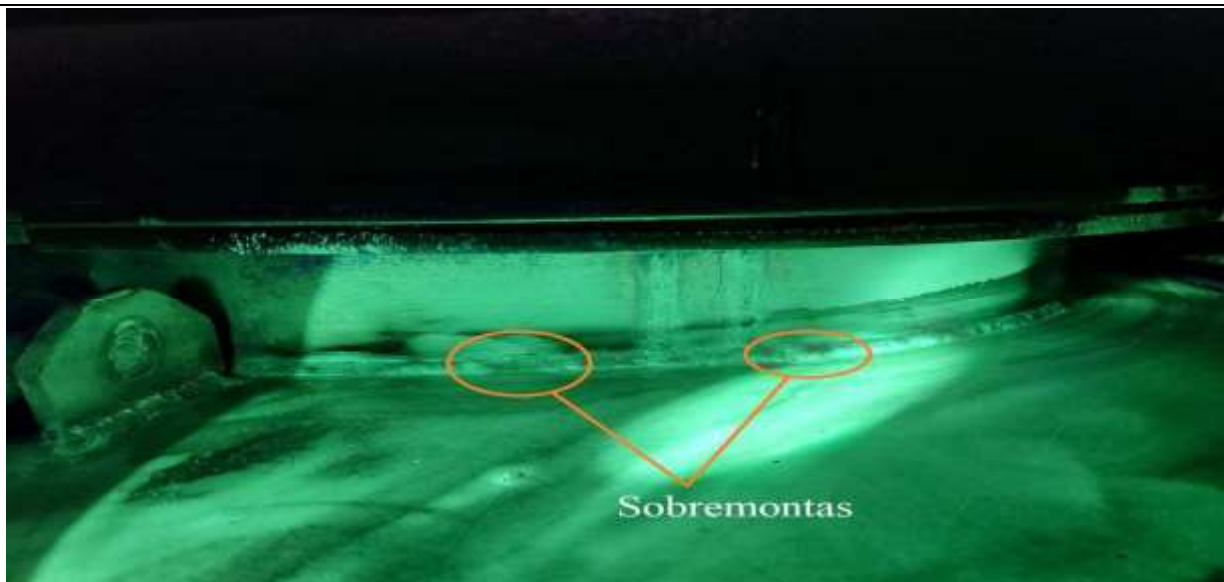


Figura 35. Examinación de discontinuidades del tramo 2 del cordón 2

## DIMENSION DE LA SUPERFICIE EXAMINADA

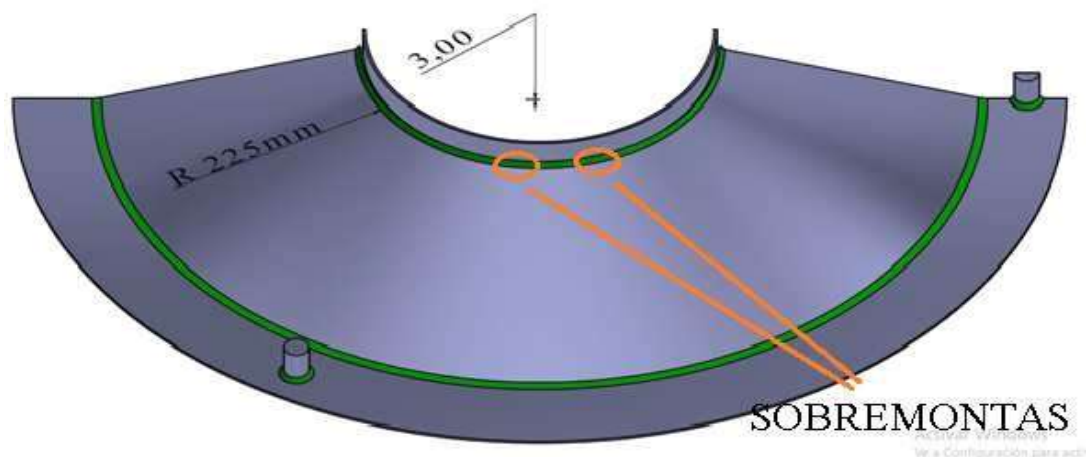


Figura 36. Diseño 3D del tramo 2 del cordón 2

## Interpretación de resultados:

En el tramo 2 del cordón 2 existen sobremontas, pero no es un defecto relevante como para rechazar la soldadura, ya que es un defecto solamente desde el punto de vista estético.

Observaciones:		Numero de informe:	
La limpieza previa es muy importante en el ensayo, por lo que se recomienda realizar una correcta limpieza mecánica y química.			6
		Código de referencia:	AWS D1.1 - ASME SECCION VIII APENDICE I DIVISION 8
	Realizado por:	Supervisado por:	
Nombres:	Sebastián Gómez	Ing. Milton Jami	
	Jean Pierre Izquierdo	Ing. Marcos A. Hechavarría S.	
Cargo:	Ejecutor		
Firma:			
Fecha:			Página 2/2

ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS			
INFORME DE INSPECCION POR TINTAS PENETRANTES FLUORESCENTES			
UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA			
INGENIERIA MECANICA			
<b>IF:</b> Falta de fusión	<b>Pa:</b> Porosidad aislada	<b>CP:</b> Nido de poros.	<b>IL:</b> Indicación lineal
<b>F:</b> Fisura	<b>Pd:</b> Porosidad distribuida	<b>M:</b> Mordeduras	<b>O:</b> Otros
<b>Ensayo N</b>	7	<b>Tramo:</b>	-
<b>Solicitante:</b>	UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA	<b>Designación del tramo:</b>	CORDÓN 3
<b>Dirección:</b>	Quito	<b>Dirección:</b>	Av. Rumichaca
<b>Procedimiento:</b>	Líquidos Penetrantes	<b>Material Base:</b>	ACERO A304
<b>Técnica:</b>	Fluorescentes	<b>Material de aporte:</b>	ER 308L
<b>Temperatura:</b>	29,7 °C	<b>Limpieza mecánica:</b>	Cepillo de acero
<b>LIMPIEZA INICIAL</b>			
<b>Tipo:</b>	Pulverizador en aerosol	<b>Marca:</b>	MET L CHEK
<b>Identificación:</b>	Cleaner E59A	<b>Tiempo de limpieza:</b>	3,36 minutos
		<b>Secado:</b>	Evaporación normal al ambiente.
<b>LIQUIDO PENETRANTE</b>			
<b>Tipo</b>	Pulverizador en aerosol	<b>Marca:</b>	MET L CHEK
<b>Identificación:</b>	FP-923	<b>Tiempo de penetración:</b>	15 minutos
		<b>Secado:</b>	Evaporación normal al ambiente.
<b>REVELADO</b>			
<b>Tipo:</b>	Pulverizador en aerosol	<b>Marca:</b>	MET L CHEK
<b>Identificación:</b>	Revelador D70	<b>Tiempo de revelado:</b>	10 minutos
		<b>Secado:</b>	Evaporación normal al ambiente.
<b>ILUMINACION REQUERIDA</b>			
<b>Lampara de UV:</b>	3670 u·W·cm <sup>-2</sup>	Calibrada	<b>Iluminación máxima en cuarto oscuro:</b>
<b>Luxómetro:</b>	0.3 lux	Calibrado	20 LUX
<b>Tipo de soldadura</b>	<b>Calificación</b>	<b>Diámetro o Longitud inspeccionada (in)</b>	<b>Ubicación de defectos observaciones</b>
	SI NO		
<b>TIG</b>	X	1/2 "	CP SOBREMONTAS
<b>Observaciones:</b>	Para el proceso de limpieza se debe usar paños que no dejen pelusa, ya que la presencia de suciedades o impurezas puede interferir que el penetrante cumpla su correcta función.	<b>Código de referencia:</b>	<b>Numero de ficha:</b>
			7
			AWS D1,1 - ASME SECCION VIII DIVISION I APENDICE 8
	<b>Realizado por:</b>	<b>Supervisado por:</b>	
<b>Nombres:</b>	Sebastián Gómez	Ing. Milton Jami	
	Jean Pierre Izquierdo	Ing. Marcos A. Hechavarría S.	
<b>Cargo:</b>	Ejecutor		<b>Página 1/2</b>



## ETAPA DE INSPECCION DE DISCONTINUIDADES BAJO EFECTO DE LUZ ULTRAVIOLETA



Figura 37. Examinación de discontinuidades del cordón 3

### DIMENSION DE LA SUPERFICIE EXAMINADA

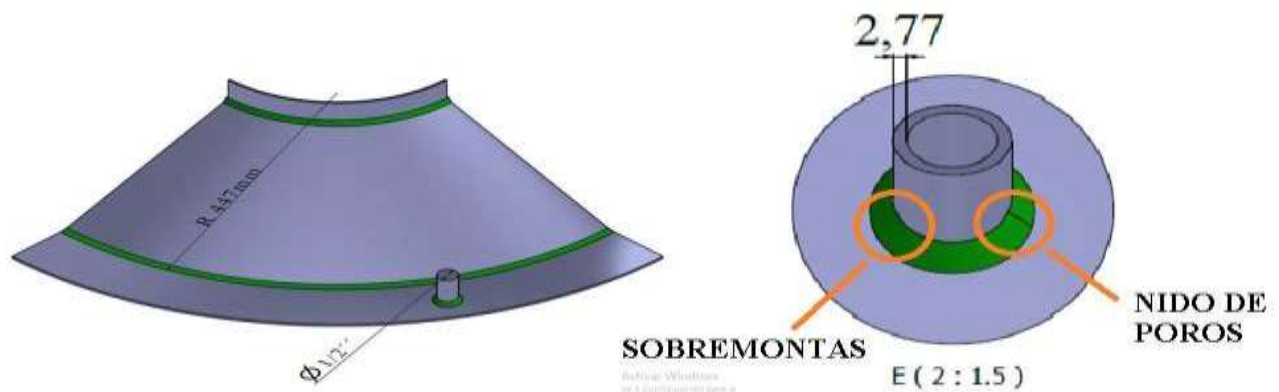


Figura 38. Diseño 3D del cordón 3

### Interpretación de resultados:

Debido a la existencia de un nido de poros la soldadura no es aceptable, para evitar estos defectos se debe usar electrodos que no estén húmedos, ocurre también cuando hay sobrecarga de corriente en el electrodo.

- Existen sobremontas lo cual no es motivo de rechazo del cordón de soldadura, ya que solamente es inadecuado desde el punto de vista estético.

Observaciones:		Numero de informe:	
Realizar una correcta post limpieza con cleaner E59 ya que la composición química del penetrante y revelador puede corroer el material donde se realiza el ensayo.		7	
		Código de referencia:	AWS D1.1 - ASME SECCION VIII APENDICE I DIVISION 8
	Realizado por:	Supervisado por:	
Nombres:	Sebastián Gómez	Ing. Milton Jami	
	Jean Pierre Izquierdo	Ing. Marcos A. Hechavarría S.	
Cargo:	Ejecutor		
Firma:			
Fecha:			Página 2/2

ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS			
INFORME DE INSPECCION POR TINTAS PENETRANTES FLUORESCENTES			
UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA			
INGENIERIA MECANICA			
<b>IF:</b> Falta de fusión	<b>Pa:</b> Porosidad aislada	<b>CP:</b> Nido de poros.	<b>IL:</b> Indicación lineal
<b>F:</b> Fisura	<b>Pd:</b> Porosidad distribuida	<b>M:</b> Mordeduras	<b>O:</b> Otros
<b>Ensayo N</b>	8	<b>Tramo:</b>	-
<b>Solicitante:</b>	UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA	<b>Designación del tramo:</b>	CORDÓN 4
<b>Dirección:</b>	Quito	<b>Dirección:</b>	Av. Rumichaca
<b>Procedimiento:</b>	Líquidos Penetrantes	<b>Material Base:</b>	ACERO A304
<b>Técnica:</b>	Fluorescentes	<b>Material de aporte:</b>	ER 308L
<b>Temperatura:</b>	30,3 °C	<b>Limpieza mecánica:</b>	Cepillo de acero
<b>LIMPIEZA INICIAL</b>			
<b>Tipo:</b>	Pulverizador en aerosol	<b>Marca:</b>	MET L CHEK
<b>Identificación:</b>	Cleaner E59A	<b>Tiempo de limpieza:</b>	3,36 minutos
		<b>Secado:</b>	Evaporación normal al ambiente.
<b>LIQUIDO PENETRANTE</b>			
<b>Tipo</b>	Pulverizador en aerosol	<b>Marca:</b>	MET L CHEK
<b>Identificación:</b>	FP-923	<b>Tiempo de penetración:</b>	15 minutos
		<b>Secado:</b>	Evaporación normal al ambiente.
<b>REVELADO</b>			
<b>Tipo:</b>	Pulverizador en aerosol	<b>Marca:</b>	MET L CHEK
<b>Identificación:</b>	Revelador D70	<b>Tiempo de revelado:</b>	10 minutos
		<b>Secado:</b>	Evaporación normal al ambiente.
<b>ILUMINACION REQUERIDA</b>			
<b>Lampara de UV:</b>	3670 u·W·cm <sup>-2</sup>	Calibrada	<b>Iluminación máxima en cuarto oscuro:</b>
<b>Luxómetro:</b>	0.3 lux	Calibrado	20 LUX
<b>Tipo de soldadura</b>	<b>Calificación</b> SI NO	<b>Diámetro o Longitud inspeccionada (in)</b>	<b>Ubicación de defectos observaciones</b>
<b>TIG</b>	X	1/2"	M
<b>Observaciones:</b>	Para el proceso de pre limpieza realizar primero la limpieza química, segundo la limpieza mecánica y terminar con el limpiador cleaner E59A.	<b>Código de referencia:</b>	<b>Numero de ficha:</b> 8 AWS D1,1 - ASME SECCION VIII DIVISION I APENDICE 8
	<b>Realizado por:</b>	<b>Supervisado por:</b>	
<b>Nombres:</b>	Sebastián Gómez	Ing. Milton Jami	
	Jean Pierre Izquierdo	Ing. Marcos A. Hechavarría S.	
<b>Cargo:</b>	Ejecutor		<b>Página 1/2</b>

## ETAPA DE INSPECCION DE DISCONTINUIDADES BAJO EFECTO DE LUZ ULTRAVIOLETA



Figura 39. Examinación de discontinuidades del cordón 4

### DIMENSION DE LA SUPERFICIE EXAMINADA

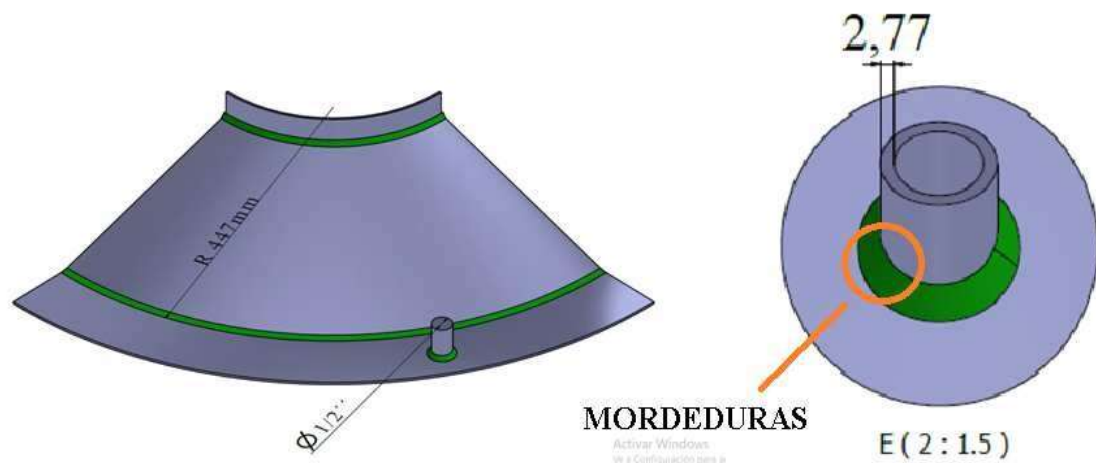


Figura 40. Diseño 3D cordón 4

### Interpretación de resultados:

A lo largo del cordón existen pequeñas mordeduras, las cuales son aceptables para evitar estos defectos se debe disminuir la velocidad de soldeo, también utilizar un electrodo de menor diámetro.

Observaciones:		Numero de informe:	
Se debe realizar una correcta remoción del exceso de penetrante, teniendo cuidado de no quitar el penetrante de las discontinuidades.		8	
		Código de referencia:	AWS D1.1 - ASME SECCION VIII APENDICE I DIVISION 8
Nombres:	Realizado por:	Supervisado por:	
	Sebastián Gómez Jean Pierre Izquierdo	Ing. Milton Jami Ing. Marcos A. Hechavarría S.	
Cargo:	Ejecutor		
Firma:			
Fecha:			Página 2/2



<b>ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS</b>			
<b>INFORME DE INSPECCION POR TINTAS PENETRANTES FLUORESCENTES</b>			
<b>UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA</b>			
<b>INGENIERIA MECANICA</b>			
<b>IF:</b> Falta de fusión	<b>Pa:</b> Porosidad aislada	<b>CP:</b> Nido de poros.	<b>IL:</b> Indicación lineal
<b>F:</b> Fisura	<b>Pd:</b> Porosidad distribuida	<b>M:</b> Mordeduras	<b>O:</b> Otros
<b>Ensayo N</b>	9	<b>Tramo:</b>	-
<b>Solicitante:</b>	UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA	<b>Designación del tramo:</b>	CORDÓN 5
<b>Dirección:</b>	Quito	<b>Dirección:</b>	Av. Rumichaca
<b>Procedimiento:</b>	Líquidos Penetrantes	<b>Material Base:</b>	ACERO A304
<b>Técnica:</b>	Fluorescentes	<b>Material de aporte:</b>	ER 308L
<b>Temperatura:</b>	28,4 °C	<b>Limpieza mecánica:</b>	Cepillo de acero
<b>LIMPIEZA INICIAL</b>			
<b>Tipo:</b>	Pulverizador en aerosol	<b>Marca:</b>	MET L CHEK
<b>Identificación:</b>	Cleaner E59A	<b>Tiempo de limpieza:</b>	3,36 minutos
		<b>Secado:</b>	Evaporación normal al ambiente.
<b>LIQUIDO PENETRANTE</b>			
<b>Tipo</b>	Pulverizador en aerosol	<b>Marca:</b>	MET L CHEK
<b>Identificación:</b>	FP-923	<b>Tiempo de penetración:</b>	15 minutos
		<b>Secado:</b>	Evaporación normal al ambiente.
<b>REVELADO</b>			
<b>Tipo:</b>	Pulverizador en aerosol	<b>Marca:</b>	MET L CHEK
<b>Identificación:</b>	Revelador D70	<b>Tiempo de revelado:</b>	10 minutos
		<b>Secado:</b>	Evaporación normal al ambiente.
<b>ILUMINACION REQUERIDA</b>			
<b>Lampara de UV:</b>	3670 u·W·cm <sup>-2</sup>	Calibrada	<b>Iluminación máxima en cuarto oscuro:</b>
<b>Luxómetro:</b>	0.3 lux	Calibrado	20 LUX
<b>Tipo de soldadura</b>	<b>Calificación</b>	<b>Diámetro o Longitud inspeccionada (in)</b>	<b>Ubicación de defectos observaciones</b>
	SI NO		
<b>TIG</b>	X	1/2"	Pa SOBREMONTAS
<b>Observaciones:</b>	Para realizar la aplicación del penetrante se requiere hacer una limpieza correcta a la superficie a examinar y dejar que tenga su tiempo estipulado de secado.		<b>Numero de ficha:</b>
		<b>Código de referencia:</b>	9 AWS D1,1 - ASME SECCION VIII DIVISION I APENDICE 8
	<b>Realizado por:</b>	<b>Supervisado por:</b>	
<b>Nombres:</b>	Sebastián Gómez	Ing. Milton Jami	
	Jean Pierre Izquierdo	Ing. Marcos A. Hechavarria S.	
<b>Cargo:</b>	Ejecutor		<b>Página 1/2</b>

## ETAPA DE INSPECCION DE DISCONTINUIDADES BAJO EFECTO DE LUZ ULTRAVIOLETA



Figura 41. Examinación de discontinuidades del cordón 5

## DIMENSION DE LA SUPERFICIE EXAMINADA

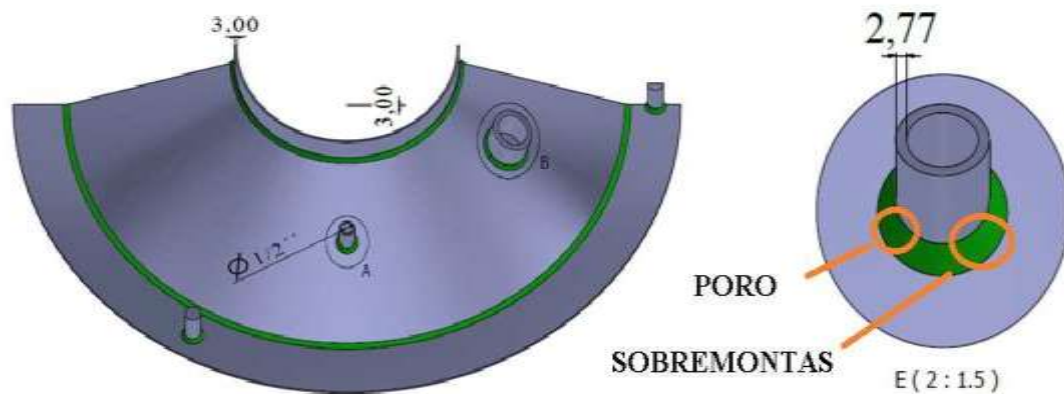



Figura 42. Diseño 3D del cordón 5

## Interpretación de resultados:

- Existe un poro de 2.3 mm de diámetro lo cual está en el rango de aceptación, ya que es una indicación redondeada con dimensión no mayor a 5 mm. Se debe evitar la humedad en la soldadura para no tener poros.
- Existen sobremontas lo cual no son defectos de rechazo de la soldadura, siendo inadecuados solo desde el punto de vista estético.

Observaciones:		Numero de informe:	
Verificar que los equipos de medición de luz visible y ultravioleta funcionen correctamente.			9
		Código de referencia:	AWS D1.1 - ASME SECCION VIII APENDICE I DIVISION 8
	Realizado por:	Supervisado por:	
Nombres:	Sebastián Gómez	Ing. Milton Jami	
	Jean Pierre Izquierdo	Ing. Marcos A. Hechavarría S.	
Cargo:	Ejecutor		
Firma:			
Fecha:			Página 2/2

<b>ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS</b>			
<b>INFORME DE INSPECCION POR TINTAS PENETRANTES FLUORESCENTES</b>			
<b>UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA</b>			
<b>INGENIERIA MECANICA</b>			
<b>IF:</b> Falta de fusión	<b>Pa:</b> Porosidad aislada	<b>CP:</b> Nido de poros.	<b>IL:</b> Indicación lineal
<b>F:</b> Fisura	<b>Pd:</b> Porosidad distribuida	<b>M:</b> Mordeduras	<b>O:</b> Otros
<b>Ensayo N</b>	10	<b>Tramo:</b>	-
<b>Solicitante:</b>	UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA	<b>Designación del tramo:</b>	CORDÓN 6
<b>Dirección:</b>	Quito	<b>Dirección:</b>	Av. Rumichaca
<b>Procedimiento:</b>	Líquidos Penetrantes	<b>Material Base:</b>	ACERO A304
<b>Técnica:</b>	Fluorescentes	<b>Material de aporte:</b>	ER 308L
<b>Temperatura:</b>	29 °C	<b>Limpieza mecánica:</b>	Cepillo de acero
<b>LIMPIEZA INICIAL</b>			
<b>Tipo:</b>	Pulverizador en aerosol	<b>Marca:</b>	MET L CHEK
<b>Identificación:</b>	Cleaner E59A	<b>Tiempo de limpieza:</b>	3,36 minutos
		<b>Secado:</b>	Evaporación normal al ambiente.
<b>LIQUIDO PENETRANTE</b>			
<b>Tipo</b>	Pulverizador en aerosol	<b>Marca:</b>	MET L CHEK
<b>Identificación:</b>	FP-923	<b>Tiempo de penetración:</b>	15 minutos
		<b>Secado:</b>	Evaporación normal al ambiente.
<b>REVELADO</b>			
<b>Tipo:</b>	Pulverizador en aerosol	<b>Marca:</b>	MET L CHEK
<b>Identificación:</b>	Revelador D70	<b>Tiempo de revelado:</b>	10 minutos
		<b>Secado:</b>	Evaporación normal al ambiente.
<b>ILUMINACION REQUERIDA</b>			
<b>Lampara de UV:</b>	3670 u·W·cm <sup>-2</sup>	Calibrada	<b>Iluminación máxima en cuarto oscuro:</b>
<b>Luxómetro:</b>	0.3 lux	Calibrado	20 LUX
<b>Tipo de soldadura</b>	<b>Calificación</b>	<b>Diámetro o Longitud inspeccionada (in)</b>	<b>Ubicación de defectos observaciones</b>
	SI NO		
<b>TIG</b>	X	1/2"	
<b>Observaciones:</b>	Se recomienda verificar el estado del kit de tintas penetrantes con la ayuda del patrón para verificar la calidad de estas.	<b>Numero de ficha:</b>	
		<b>Código de referencia:</b>	AWS D1,1 - ASME SECCION VIII DIVISION I APENDICE 8
	<b>Realizado por:</b>	<b>Supervisado por:</b>	
<b>Nombres:</b>	Sebastián Gómez	Ing. Milton Jami	
	Jean Pierre Izquierdo	Ing. Marcos Hechavarria	
<b>Cargo:</b>	Ejecutor		<b>Página 1/2</b>

## ETAPA DE INSPECCION DE DISCONTINUIDADES BAJO EFECTO DE LUZ ULTRAVIOLETA



Figura 43. Examinación de discontinuidades del cordón 6

## DIMENSION DE LA SUPERFICIE EXAMINADA

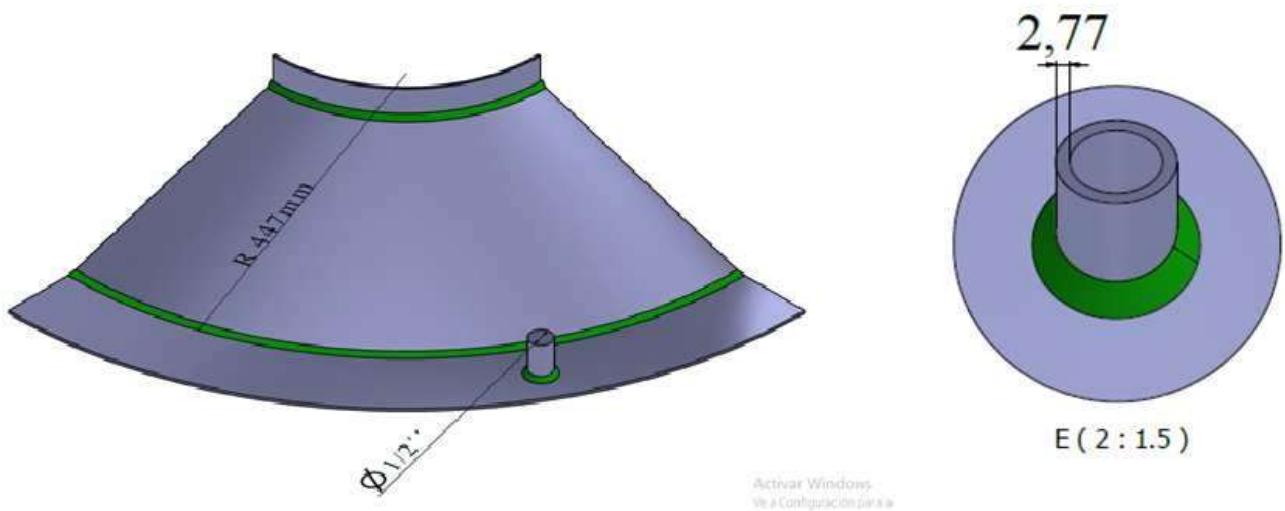


Figura 44. Diseño 3D del cordón 6

## Interpretación de resultados:

La soldadura es aceptada debido a que no existen discontinuidades.

<b>Observaciones:</b>			<b>Numero de informe:</b>
Se debe aplicar una capa fina de revelador, ya que exceso de este puede enmascarar las discontinuidades.			10
		<b>Código de referencia:</b>	AWS D1.1 - ASME SECCION VIII APENDICE I DIVISION 8
	<b>Realizado por:</b>	<b>Supervisado por:</b>	
<b>Nombres:</b>	Sebastián Gómez	Ing. Milton Jami	
	Jean Pierre Izquierdo	Ing. Marcos A. Hechavarría S.	
<b>Cargo:</b>	Ejecutor		
<b>Firma:</b>			
<b>Fecha:</b>			<b>Página 2/2</b>

ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS			
INFORME DE INSPECCION POR TINTAS PENETRANTES FLUORESCENTES			
UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA			
INGENIERIA MECANICA			
<b>IF:</b> Falta de fusión	<b>Pa:</b> Porosidad aislada	<b>CP:</b> Nido de poros.	<b>IL:</b> Indicación lineal
<b>F:</b> Fisura	<b>Pd:</b> Porosidad distribuida	<b>M:</b> Mordeduras	<b>O:</b> Otros
<b>Ensayo N</b>	11	<b>Tramo:</b>	-
<b>Solicitante:</b>	UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA	<b>Designación del tramo:</b>	CORDÓN 7
<b>Dirección:</b>	Quito	<b>Dirección:</b>	Av. Rumichaca
<b>Procedimiento:</b>	Líquidos Penetrantes	<b>Material Base:</b>	ACERO A304
<b>Técnica:</b>	Fluorescentes	<b>Material de aporte:</b>	ER 308L
<b>Temperatura:</b>	28 °C	<b>Limpieza mecánica:</b>	Cepillo de acero
<b>LIMPIEZA INICIAL</b>			
<b>Tipo:</b>	Pulverizador en aerosol	<b>Marca:</b>	MET L CHEK
<b>Identificación:</b>	Cleaner E59A	<b>Tiempo de limpieza:</b>	3,36 minutos
		<b>Secado:</b>	Evaporación normal al ambiente.
<b>LIQUIDO PENETRANTE</b>			
<b>Tipo</b>	Pulverizador en aerosol	<b>Marca:</b>	MET L CHEK
<b>Identificación:</b>	FP-923	<b>Tiempo de penetración:</b>	15 minutos
		<b>Secado:</b>	Evaporación normal al ambiente.
<b>REVELADO</b>			
<b>Tipo:</b>	Pulverizador en aerosol	<b>Marca:</b>	MET L CHEK
<b>Identificación:</b>	Revelador D70	<b>Tiempo de revelado:</b>	10 minutos
		<b>Secado:</b>	Evaporación normal al ambiente.
<b>ILUMINACION REQUERIDA</b>			
<b>Lampara de UV:</b>	3670 u·W·cm <sup>-2</sup>	Calibrada	<b>Iluminación máxima en cuarto oscuro:</b>
<b>Luxómetro:</b>	0.3 lux	Calibrado	20 LUX
<b>Tipo de soldadura</b>	<b>Calificación</b>	<b>Diámetro o Longitud inspeccionada (cm)</b>	<b>Ubicación de defectos observaciones</b>
	SI NO		
<b>TIG</b>	X	6,47	
<b>Observaciones:</b>	Verificar que la intensidad de luz visible no sobrepase los 20 lux.	<b>Código de referencia:</b>	<b>Numero de ficha:</b> 11 AWS D1,1 - ASME SECCION VIII DIVISION I APENDICE 8
	<b>Realizado por:</b>	<b>Supervisado por:</b>	
<b>Nombres:</b>	Sebastián Gómez	Ing. Milton Jami	
	Jean Pierre Izquierdo	Ing. Marcos A. Hechavarría S.	
<b>Cargo:</b>	Ejecutor		<b>Página 1/2</b>



## ETAPA DE INSPECCION DE DISCONTINUIDADES BAJO EFECTO DE LUZ ULTRAVIOLETA



Figura 45. Examinación de discontinuidades del cordón 7

### DIMENSION DE LA SUPERFICIE EXAMINADA

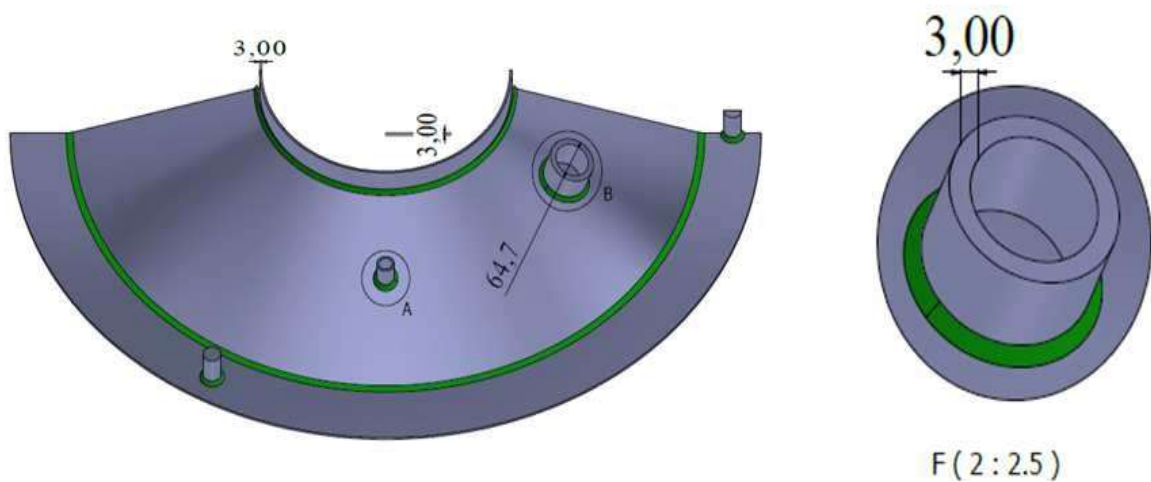


Figura 46. Diseño 3D del cordón 7

### Interpretación de resultados:

No hay la presencia de discontinuidades en el cordón de soldadura por lo que la junta es aceptada.

Observaciones:		Numero de informe:	
Adecuar la vista a la oscuridad por un tiempo mínimo de 10 minutos.			11
		Código de referencia:	AWS D1.1 - ASME SECCION VIII APENDICE I DIVISION 8
	Realizado por:	Supervisado por:	
Nombres:	Sebastián Gómez	Ing. Milton Jami	
	Jean Pierre Izquierdo	Ing. Marcos A. Hechavarría S.	
Cargo:	Ejecutor		
Firma:			
Fecha:			Página 2/2

### 3.3 Interpretación de resultados

#### 3.3.1 Determinación de causas raíz que provocan las discontinuidades encontradas

Las discontinuidades en los cordones de soldadura se pueden originar por factores tecnológicos o factores humanos, los factores tecnológicos se deben a la soldabilidad de los materiales, los detalles del procedimiento a efectuarse o la selección de los materiales consumibles.

Los factores humanos principalmente dependen del soldador por el poco conocimiento que se tiene en la técnica que se aplica o el material a ser soldado. También están las fallas que presenta el equipo de soldadura, las conexiones a tierra o por la fluctuación del suministro de energía.

Las causas por las que pueden presentarse las discontinuidades son muy diversas, se realizó un análisis de las posibles causas raíz de las discontinuidades presentadas en los cordones de soldadura examinados. La Tabla 13 muestra las posibles causas de las discontinuidades identificadas.

**Tabla 13. Causas raíz que provocan las discontinuidades encontradas**

Discontinuidades	Tipo de discontinuidad	Causas
Poros	Superficial	<ul style="list-style-type: none"><li>- Flujo de gas protector muy bajo debido a entrada de presión muy baja.</li><li>- Diferentes factores como, pintura, grasa, aceite y sudor, que, al momento de exponerse a temperaturas de soldadura por arco, producen grandes volúmenes de gas.</li><li>- Contaminación de alambre.</li><li>- Voltaje de arco muy alto.</li><li>- Distancia excesiva entre la boquilla y la pieza de trabajo.</li><li>- Presencia de humedad.</li></ul>

---

Nido de poros	Superficial	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mala cobertura de gas.</li> <li>- Contaminación del alambre.</li> <li>- Excesiva escoria en la tobera.</li> </ul>
Sobremontas	Superficial	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Puente de escoria.</li> <li>- Arco muy intenso.</li> <li>- Velocidad inadecuada.</li> <li>- Exceso de calor.</li> </ul>
Mordeduras	Superficial	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Electrodo muy fino que no permite la corriente suficiente para fundir los bordes.</li> <li>- Presencia excesiva de óxido.</li> <li>- Corrientes demasiados altas, al momento de soldar por fluctuaciones en el suministro de energía.</li> </ul>
Falta de fusión	Superficial	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Intensidad baja</li> <li>- Excesiva velocidad de desplazamiento.</li> <li>- Arco demasiado largo.</li> <li>- Posición incorrecta del electrodo.</li> </ul>

---

### 3.3.2 Determinación de posibles soluciones a las causas raíz que provocan las discontinuidades.

Luego de analizar las posibles causas de cada una de las discontinuidades presentadas en los cordones de soldadura, se propone soluciones para disminuir la aparición de estas discontinuidades. En la Tabla 14 se presenta algunas soluciones para las discontinuidades mencionadas anteriormente.



**Tabla 14. Posibles soluciones a las causas raíz que provocan las discontinuidades**

Discontinuidades	Tipos de Discontinuidades	Soluciones
Poro	Superficial	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Precalentar el metal con temperaturas entre 93 y 104 C para evaporar la humedad.</li> <li>- Reducir la longitud de arco.</li> <li>-Reducir la extensión del electrodo.</li> <li>- Asegurarse que el regulador de presión permita la entrada de presión correcta.</li> <li>- Hacer una correcta limpieza de contaminantes donde se vaya a soldar.</li> <li>-Instalar un sistema de limpieza de alambre.</li> <li>- Almacenar correctamente el alambre para evitar la contaminación con oxidaciones, polvo y lubricantes.</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>-Verificar que las conexiones de gas y las mangueras estén en buen estado.</li> <li>-Realizar una correcta limpieza de la tobera.</li> <li>-Tener la superficie de la pieza libre de escorias y residuos.</li> <li>-Se puede disminuir con amoladora el sobre espesor, de las Sobremontas presentes en la soldadura.</li> </ul>
Nido de poros	Superficial	

Sobremontas	Superficial	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Emplear personal y procesos de soldadura calificados para minimizar, la presencia de Sobremontas.</li> <li>-Corregir el amperaje de la máquina.</li> <li>-Corregir el arco de soldadura.</li> <li>-Trabajar con cordones correctos para los esfuerzos a soportar por las uniones.</li> </ul>
Mordeduras	Superficial	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Escoger los electrodos para los materiales bases a soldar.</li> <li>-Antes de soldar, calentar los materiales base.</li> <li>-Reducir la longitud del arco.</li> <li>-Aumentar o reducir la corriente para soldar.</li> <li>-Ajustar en ángulo de la pistola de soldadura y hacer una comprobación para ver el correcto funcionamiento.</li> </ul>
Falta de fusión	Superficial	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Ubicar el electrodo correctamente.</li> </ul>

---

### 3.4 Análisis ambiental

Los ensayos por tintas penetrantes fluorescentes, es un ensayo que no es agresivo para el medio ambiente a pesar de que la manipulación es con productos químicos, los mismos no se ejecutan en grandes cantidades y no se componen de cloro no implican fuente de contaminación para el medio ambiente. Pero la exposición del operario con las tintas penetrantes fluorescentes si representa un riesgo y más aún porque se trabaja en un cuarto oscuro es por lo cual que se debe realizar estos ensayos con las medidas de seguridad pertinentes usando, mascarillas, guantes de látex, gafas de protección para evitar cualquier inconveniente.

### 3.5 Análisis económico.

El proyecto contempla un gasto de capital (inversión) de aproximadamente \$ 1.181, conformado por los equipos que son necesarios para la prestación de servicios de ensayos, mismos que se encuentran detallados en la siguiente Tabla15:

**Tabla 15. Gasto de capital**

<b>GASTO DE CAPITAL (INVERSIÓN)</b>				
Equipo	Cantidad	Precio unitario	Costo \$	
Lámpara de Luz negra	1	\$ 800,00	\$ 800,00	
Medidor de intensidad de luz visible	1	\$ 38,00	\$ 38,00	
Medidor de intensidad de luz ultravioleta	1	\$ 130,00	\$ 130,00	
Termómetro	1	\$ 17,00	\$ 17,00	
Moladora	1	\$ 80,00	\$ 80,00	
Costos preoperativos (capital de trabajo)	1	\$ 116,27	\$ 116,27	
<b>Total</b>			<b>\$ 1.181,27</b>	

Una vez que se cuenta con los equipos fijos, es preciso determinar los costos en los que incurrirían cada ensayo, denominados técnicamente como “materiales consumibles”, reflejando en la siguiente Tabla 16 un total de \$116,27.

**Tabla 16. Costos por ensayo**

<b>COSTOS POR ENSAYO (MATERIALES CONSUMIBLES)</b>				
Material	Cantidad	Precio unitario	Costo \$	
Grata	1	\$ 5,00	\$ 5,00	
Cepillos de alambre	1	\$ 2,50	\$ 2,50	
Kit de tintas penetrantes fluorescentes	1	\$ 60,00	\$ 60,00	
Toallas de microfibra	1	\$ 5,00	\$ 5,00	
Desengrasante	1	\$ 3,90	\$ 3,90	
Tiñer	1	\$ 1,00	\$ 1,00	
Mano de obra	2	\$ 15,00	\$ 30,00	
Movilización	1	\$ 5,00	\$ 5,00	
Imprevistos	1	\$ 0,05	\$ 3,87	
<b>Total</b>			<b>\$ 116,27</b>	

En la Tabla No.17, con el objetivo de determinar el precio referencial por ensayo, es imperioso analizar la tasa de depreciación de los activos adquiridos inicialmente con base al tiempo de vida útil estimada por cada uno de ellos.

**Tabla 17. Depreciación referencial de inversión**

<b>DEPRECIACIÓN REFERENCIAL DE INVERSIÓN</b>					
<b>Equipo</b>	<b>Tiempo de vida útil</b>	<b>Tasa de depreciación anual</b>	<b>Costo del equipo</b>	<b>Base de depreciación</b>	<b>Valor de depreciación anual</b>
Lámpara de luz negra	10 AÑOS	10%	\$ 800,00	\$ 720,00	\$72,00
Medidor de intensidad de luz visible	10 AÑOS	10%	\$ 38,00	\$ 34,20	\$3,42
Medidor de intensidad de luz ultravioleta	10 AÑOS	10%	\$ 130,00	\$ 117,00	\$11,70
Termómetro	5 AÑOS	20%	\$ 17,00	\$ 13,60	\$2,72
Moladora	10 AÑOS	10%	\$ 80,00	\$ 72,00	\$7,20
				<b>Total</b>	<b>\$97,04</b>

En la Tabla 18 se realizan los cálculos para determinar el precio por la prestación del servicio para cada ensayo, mismo que consideran los gastos de capital, costos por materiales consumibles y el número de ensayos acorde a la capacidad de los equipos adquiridos.

**Tabla 18. Estimación de precio por ensayo**

<b>ESTIMACIÓN DE PRECIO POR ENSAYO</b>		
<b>DESCRIPCIÓN DE VARIABLES</b>	<b>FÓRMULAS DE CÁLCULO</b>	<b>DATOS / VALORES</b>
Número de ensayos mensuales (NEM)		2
Número de ensayos anuales (NEA)	= NEA/NEM	24
Gasto de capital total (GPT)	= COSTO DEL EQUIPO	\$ 1.065,00
Costos por ensayo (CE)	=CE	\$ 116,27
Valor referencial de depreciación anual (VRA)	=COSTO TOTAL VRA	\$ 97,04
Valor referencial de depreciación anual por ensayo (VRAE)	=VRA/NEA	\$4,04
<b>Valor referencial operativo por prestación del servicio.</b>	<b>=CE+VRAE</b>	<b>\$ 120,31</b>

En la Tabla 19 se realizan los cálculos para determinar la relación costo beneficio, en la cual se toman en cuenta de modo de comparación el mantenimiento correctivo con el mantenimiento preventivo mismo que es objeto de análisis en el presente trabajo investigativo de esa manera, se determina que tan rentable resulta realizar dicho mantenimiento en un periodo estipulado.

**Tabla 19. Descripción de variables para análisis costo beneficio**

Descripción de variables para costo beneficio			
DESCRIPCIÓN	RESULTADO PERIODO ANÁLISIS TOTAL		RESULTADO POR DÍAS
Análisis con base al tiempo de fermentación (meses)	4 meses		120 días
<b>COSTOS</b>	\$	<b>481,24</b>	\$ <b>4,01</b>
<b>Costo mantenimiento preventivo por 4 meses</b>	\$	<b>481,24</b>	\$ <b>4,01</b>
Costo por mantenimiento preventivo (mensual)	\$	120,31	\$ 1,00
<b>BENEFICIOS</b>	\$	<b>10.156,00</b>	\$ <b>84,63</b>
<b>Costo mantenimiento correctivo</b>	\$	<b>825,00</b>	\$ <b>6,88</b>
Costos por mano de obra	\$	550,00	\$ 4,58
Costo por proceso de soldadura	\$	275,00	\$ 2,29
Producción botellas de Vino		1333 botellas	11,0
Capacidad de producción de la marmita		1000 litros	8,0
Litros por botella		0,75 litros	0,0
Precio de costo de botella de vino	\$	7,00	\$ 0,06
Pérdida de producción	\$	9.331,00	\$ 77,76

En la Tabla 20 se realizan los cálculos para determinar indicadores sociales VAN y TIR, mediante un flujo neto actualizado que empieza de los \$120,31 que es el costo de la realización del ensayo y este dato varía en un periodo de 4 meses.

**Tabla 20. Análisis indicadores sociales**

Análisis indicadores sociales							
Meses de análisis	Costos totales	Beneficios totales	Tasa descuento social 3,33%	Costos actualizados	Beneficios actualizados	Flujo neto actualizado	
Mes 0						\$	-120,31
Mes 1	\$ 120,31	\$ 2.539,00	0,97	\$ 116,43	\$ 2.457,10	\$	2.340,67
Mes 2	\$ 120,31	\$ 2.539,00	0,94	\$ 112,67	\$ 2.377,84	\$	2.265,16
Mes 3	\$ 120,31	\$ 2.539,00	0,91	\$ 109,04	\$ 2.301,13	\$	2.192,09
Mes 4	\$ 120,31	\$ 2.539,00	0,88	\$ 105,52	\$ 2.226,90	\$	2.121,38
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 481,24</b>	<b>\$ 10.156,00</b>	<b>\$ 3,69</b>	<b>\$ 443,66</b>	<b>\$ 9.362,96</b>	<b>\$</b>	<b>8.919,30</b>

<b>Valor Actual Neto</b>	\$ 8.919,30
<b>Costo Beneficio</b>	21,10
<b>Tir</b>	1942%

## CONCLUSIONES

- En este trabajo se evaluó el ensayo de tintas penetrantes fluorescentes aplicado a las juntas soldadas de la parte superior de una marmita de 1000 lt de capacidad. A través de este ensayo se identificó varias discontinuidades existentes en las superficies, las cuales fueron analizadas bajo los criterios de las normas ASTM E 1417, ASTM E 165, ASTM E1219, y los criterios de aceptación- rechazo AWS D1.1 Y ASME SECCION VIII DIVISION I. Se incluyen tablas en las que se explican las posibles causas raíz de la existencia de las discontinuidades y con ello las soluciones respectivas.
- En esta tesis se determinó efectivamente el procedimiento para la ejecución del ensayo bajo la norma ASTM E-165-95 y ASTM E 1219 aplicados a las juntas soldadas de la parte superior de la marmita de 1000 lt de capacidad, la tapa en el cordón externo se la dividió en 4 tramos y el cordón interno se la dividió en 2 tramos, para poder aplicar el procedimiento con mayor efectividad y controlar el tiempo de la limpieza el cuál fue de 3,36 minutos, la aplicación de la tinta penetrante el cuál fue de 15 minutos y el tiempo del revelador fue de 10 minutos, en cada cuadrante respectivamente.
- Se identificó las discontinuidades existentes en las juntas soldadas de la parte superior de la marmita. En el cordón 1 hay varias discontinuidades en los distintos tramos; en el Tramo 1 existen sobremontas y varias mordeduras, en el tramo 2, sobremontas, poros y mordeduras, en el tramo 3, poros, nido de poros, sobremontas y una indicación lineal. En el tramo 2 del cordón 2 existen sobremontas. En el cordón 3, sobremontas y nido de poros. En el cordón 4, mordeduras. En el cordón 5 existen poros y sobremontas. Estas discontinuidades fueron comparadas con el criterio de aceptación-rechazo, según la norma AWS.D1.1 y ASME SECCIÓN VIII DIVISIÓN I APÉNDICE 8.
- Se evaluó los resultados obtenidos en las juntas soldadas de la parte superior de la marmita, donde se identificó varias indicaciones de las cuales según los criterios de aceptación-rechazo. Se rechazaron los cordones que tenían defectos como; excesivas mordeduras a lo largo de su superficie, para evitar este tipo de defectos se debe disminuir la velocidad de deposición y adaptar la intensidad del amperaje al electrodo

que se utiliza. Nido de poros se debe tener la superficie libre de escorias y residuos en el momento de la soldadura y evitar la presencia de humedad, y una indicación lineal de 5 mm de longitud para evitar esto se debe disminuir la longitud de arco, disminuir la velocidad de desplazamiento y aumentar o disminuir la corriente para que haya una correcta fusión del metal. Se incluyó una tabla en la cual se explica las posibles causas raíz de todas las discontinuidades que existen y junto con ello las soluciones.

- Mediante un análisis costo-beneficio se determinó la rentabilidad que ofrece el ensayo de tintas penetrantes fluorescentes, que es un proceso de mantenimiento preventivo, se plantea que este mantenimiento se ejecute mensualmente para el correcto funcionamiento de la marmita. De ser lo contrario se tendría que realizar un mantenimiento correctivo el cual serían gastos más elevados para la empresa. Según el análisis aplicado se obtuvieron los siguientes resultados.

Costo por mantenimiento preventivo: \$ 120,31

Costo por mantenimiento Correctivo: \$ 850,00

Con el análisis costo-beneficio se concluye que realizar el mantenimiento preventivo es 21,10 veces más rentable que el mantenimiento correctivo.

## **RECOMENDACIONES**

- Para proceder con la remoción de los defectos encontrados según el ensayo de tintas penetrantes fluorescentes aplicado, realizar un análisis del método de remoción a efectuar siguiendo la normativa para realizar este proceso, dependiendo del material AISI 304 de la marmita, el método de la soldadura GTAW empleado en sus juntas soldadas y la geometría de la máquina.
- Debido a que los costos del mantenimiento preventivo son bajos y el tiempo en que se demora realizarlos son mínimos, se recomienda aplicarlos al finalizar el proceso de fermentación y embotellado del vino y con ello garantizar el tiempo de vida útil de la máquina.
- En este proyecto se utilizó las tintas penetrantes fluorescentes removibles con solvente aplicadas mediante pulverización, se recomienda utilizar otro proceso de aplicación de las tintas como el brochado, ya que hay partes de la marmita soldadas que por las dimensiones se dificulto aplicar las tintas con las latas de aerosol, y con una brocha este proceso se lo haría más fácilmente.
- En el análisis costo-beneficio, se recomienda tomar datos que vayan a hacer realizados en un periodo mínimo de 5 años, ya que, para obtener el TIR, se necesita tener una proyección a futuro que sea de largo plazo y determinar de manera correcta si resulta o no, rentable realizar este tipo de mantenimiento.



## BIBLIOGRAFÍA

- [1] EcuRed Contributors., “Soldadura,” 2015. [Online]. Available: <https://www.ecured.cu/index.php?title=Soldadura&oldid=2475729>. [Accessed: 22-Apr-2021].
- [2] West arco, “Proceso de Soldadura TIG (GTAW),” 2021. [Online]. Available: <https://www.westarco.com/westarco/sp/education/blog/proceso-de-soldadura-tig.cfm>.
- [3] F. Andalucía, “Ensayos No Destructivos En,” Temas para la Educ., vol. 13, pp. 1–13, 2011.
- [4] I. I. Escalona, “Líquidos Penetrantes,” Monografías.
- [5] C. Maldonado, “ANÁLISIS DE FALLAS MEDIANTE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS EN EL BLOCK DEL MOTOR SEGÚN LAS NORMAS ASTM,” UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL, 2017.
- [6] A. Murillo Sigero, “Análisis De Defectos Y Como Evitarlos En Soldaduras De Arco Smaw Y Saw Longitudinales Y Circunferenciales En Ductos De Transporte De Hidrocarburos,” p. 52, 2010.
- [7] CONSTRUMÁTICA, “Defectos en las soldaduras,” 2018. [Online]. Available: [https://www.construmatica.com/construpedia/Defectos\\_en\\_las\\_Soldaduras#:~:text=En una unión soldada pueden,como externa de la soldadura](https://www.construmatica.com/construpedia/Defectos_en_las_Soldaduras#:~:text=En una unión soldada pueden,como externa de la soldadura). [Accessed: 23-Apr-2021].
- [8] D. Castro, “Diseño de procedimientos radiográfico y tintas penetrantes para control de calidad de las soldaduras en las construcciones de estaciones de bombeo de petróleo,” Universidad Politecnica Salesiana, 2015.
- [9] G. Duque, ENSAYO DE TINTAS PENETRANTES FLUORESCENTES Y SU INCIDENCIA EN EL CONTROL DE CALIDAD DE LAS JUNTAS SOLDADAS EN ACEROS AL CARBONO. 2011.
- [10] C. E. D. O. Lara and G. Ortiz, “Defectos y discontinuidades de la soldadura,” p. 20, 2014.
- [11] C. Chávez, “Acero Inoxidable 304 Versus 316, ¿Cuál Es Mejor? Armagard, El

- Especialista En Armarios Para PC Lo Investiga,” Armagard, 2015.
- [12] J. Auz, “Estudio del Tratamiento Térmico Post Soldadura del Acero Inoxidable Martensítico ASTM A743 grado CA6-NM y su incidencia en las Propiedades Mecánicas del Material aplicado a la Recuperación de Rodetes Hidráulicos,” Repo.Uta.Edu.Ec, no. 1, p. 130, 2011.
  - [13] B. R. E. R. Ccanchi, “Valoración del amperaje y la velocidad de soldadura del acero austenítico AISI/SAE 304 por GMAW-P (MIG),” 2544.
  - [14] Ingemecánica, “Soldadura de los Aceros Inoxidables,” Ingemecánica, 2018.
  - [15] G. De Estudio, D. Admisión, and P. De Doctorado, “Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo Instituto de Investigación en Metalurgia y Materiales Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo Instituto de Investigación en Metalurgia y Materiales,” vol. I, 2018.
  - [16] C. J. A. Acosta, “ANÁLISIS DE SOLDADURA DEL ACERO INOXIDABLE MARTENSÍTICO AISI 420 CON ACERO DE MEDIO CARBONO AISI 1045 Y BAJO CARBONO AISI 1018 POR SOLDADURA SMAW Y SU INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS,” Osteoarthr. Cartil., vol. 28, no. 2, pp. 1–43, 2020.
  - [17] T. I. A. D. E. L. O. S. Parametros and D. E. S. En, “INFLUENCIA DE LOS PARAMETROS DE SOLDADURA EN LA CION DE DEFECTOS EN ACEROS INOXIDABLES AUSTENITICOS AISI 304, METODO TIG,” 1988.
  - [18] Doctor welding, “Grietas en la soldadura,” Las grietas en la soldadura, EEUU, 2011.
  - [19] Kobelco, “Cavidades centrales,” ABC de la soldadura por arco, México, 2004.
  - [20] Metfusion, “Porosidades en la soldadura,” Soldaduras tipo TIG, Colombia, Dec-2015.
  - [21] Scalofríos, “Falta de fusión en la soldadura,” Guayaquil, 2014.
  - [22] I. M. Bravo, D. Ivette, and V. Vera, “Agrietamiento en caliente de la unión soldada de un acero inoxidable ferrítico AISI 430,” Ing. Mecánica. Tecnol. y Desarro., vol. 5, no. 3, pp. 347–353, 2015.
  - [23] Ángel Almaraz, “Defectos de soldadura con electrodos causa y soluciones,” Repara

tu cultivador, Bogotá, p. 2017.

- [24] En. W. López, “Discontinuidades y Defectos en Soldadura,” Dinacol, p. 85, 2016.
- [25] L. P. Enríques, “Discontinuidades en uniones soldadas,” Supervisión de Estructuras, Carácas, 2019.
- [26] L. Jeffus, Manual de soldadura GTAW (TIG), Primera. Paraninfo, 2010.
- [27] R. Morales, “Comportamiento de la soldadura TIG en acero Inoxidable AISI 304 L con varilla ER 308L e Inconel 625 frente a corrosión bajo tensión,” Universitat Politècnica de València. Departamento de Ingeniería Mecánica y de Materiales., 2019.
- [28] M. Del, S. D. E. Quemado, P. La, O. Del, A. A. Ruiz, and J. Miguel, “Facultad de Ingeniería Industrial y Mecánica SACHA INCHI EN LA MAQUINA MARMITA Ingeniero Mecánico,” 2018.
- [29] S. embargo Periodismo, “La importancia del agua y las tinajas de fermentación en los sabores del mezcal,” México, 2020.
- [30] ASTM, “Standard Practice for Liquid Penetrant Testing E1417,” pp. 1–11, 2012.
- [31] S. Process, U. Petro-, T. Personnel, and L. P. Process, “Standard Test Method for Fluorescent Liquid Penetrant Examination Using the,” Society, pp. 5–10, 2014.
- [32] E. Astm, A. Y. Referenciales, E. L. Examen, and P. O. R. Líquidos, “El Examen Por Líquidos Penetrantes Annual Books of Astm Standard.”
- [33] V. Pascual and T. De Lazaro, “Análisis de eficiencia de los ensayos no destructivos en soldaduras metálicas,” Universitat Politècnica de València. Departamento de Ingeniería Mecánica y de Materiales, 2019.
- [34] A. Specification, “Standard Practice for Liquid Penetrant Examination- E165,” Am. Natl. Stand., vol. 14, no. 2, p. 147, 2014.
- [35] Met-L-Chek Company, “A Guide to Fluorescent Penetrant Inspection,” SANTA MONICA U.S.A, 2015.
- [36] O. Cevallos, Curso de Capacitacion para Certificacion ASNT Nivel I/II en Tintas Penetrantes., 1st ed., vol. 6, no. 1. Quito: Radin, 2018.

- [37] Yalleco, Scanned by CamScanner ىرازمك. 2019.
- [38] Met-L-Check, “Kit de tintas penetrantes,” Limpiador y removedor E-59A, secado moderado, Estados Unidos, 2015.
- [39] W. J. Mendoza, “ARTÍCULO 6 EXAMINACIÓN POR LÍQUIDOS PENETRANTES CÓDIGO ASME SECCIÓN V - 2013,” 2013.
- [40] Asociacion española de ensayos no destructivos, Ensayos No Destructivos, Líquidos Penetrantes Nivel II. Madrid España: Fundación Confemetal, 2010.
- [41] Testek, “Cursos de Líquidos penetrantes,” Testek, 2020.
- [42] C. Nuñez, A. Roca, and J. Jorba, Comportamiento mecanico de los materiales Volumen II. Ensayos mecanicos, Ensayos no destructivos. Barcelona España, 2013.
- [43] L. J. Guzman Carreño, “DISEÑO MECÁNICO DE RECIPIENTES A PRESIÓN BAJO EL CÓDIGO ASME SECCIÓN VIII, DIVISIÓN 1,” Simon Bolivar, 2016.

## **ANEXOS**

Como primer paso se procede a adecuar el cuarto oscuro, para lo cual se procede a tapar cualquier entrada de luz visible, se lo realiza con la ayuda de un plástico negro, verificando que el cuarto quede completamente oscuro.



**Anexo 1. Adecuar el cuarto oscuro**

Una vez terminada la adecuación del cuarto oscuro, se procede a limpiar los cordones de soldadura de la marmita en donde se aplicará el ensayo, primeramente, con procesos mecánicos como el cepillado y grateado, para sacar todas las impurezas y escorias que pudieran contener los cordones.



**Anexo 2. Limpieza mecánica de los cordones de soldadura**

Culminando la limpieza mecánica se procede a realizar la limpieza química primeramente con un paño empapado de tiñer y después limpiando las áreas a ser examinadas con desengrasante y secando con paños que no dejen pelusa.



### **Anexo 3. Limpieza química de los cordones de soldadura**

Después se realiza un examen visual especialmente en las zonas donde hay sospecha que puedan existir discontinuidades.



### **Anexo 4. Realizar un examen visual**

Posteriormente se procede a limpiar químicamente el área a ser inspeccionada, para lo cual se utiliza el cleaner (limpiador) E59A Met-L-Chek, aplicándolo sobre un paño que no deje pelusa, teniendo en cuenta que no se lo debe aplicar directamente.



**Anexo 5. Limpiador E59A Met-L-Chek**

Se procede a aplicar el penetrante FP-923 Met-L-Chek, se lo realiza sosteniendo el aerosol pulverizador a una distancia de 30 centímetros aproximadamente del área a inspeccionar. Se espera un tiempo prudencial para que el líquido penetre de manera correcta y adecuada en las discontinuidades.



**Anexo 6. Penetrante FP-923 Met-L-Chek**

Como paso siguiente se remueve el exceso de penetrante, frotando un trapo limpio libre de pelusas empapado con cleaner, esto para no formar indicaciones falsas, se debe tener cuidado de no extraer el penetrante introducido en las discontinuidades. Para asegurarse que todo el

penetrante en exceso sea removido completamente, se inspecciona visualmente en el cuarto oscurecido y bajo la acción de la luz negra.



#### **Anexo 7. Remover el excedente de tinta penetrante**

Después de eliminar el exceso de penetrante y que la superficie se haya secado correctamente, se aplica revelador D70 Met-L-Chek mediante pulverizador. El tiempo de revelado comienza inmediatamente después de la aplicación del revelador.



#### **Anexo 8. Aplicar el revelador D70 Met-L-Chek**

Antes de realizar la inspección se espera dentro del cuarto oscuro por lo menos 5 minutos para habitar los ojos a la oscuridad. Se utiliza el medidor de intensidad de luz para verificar que la luz visible no sobrepase los 20 lux.





#### **Anexo 9. Medidor de intensidad de luz**

Antes de realizar la inspección se enciende la lámpara de luz negra 5 minutos antes de proceder a observar los cordones de soldadura. Se realiza la observación, inspección y detección de defectos, las cuales se las realiza dentro del cuarto oscuro, los defectos o discontinuidades encontrados se compararán con la norma AWS D1.1 para su aceptación o rechazo.



#### **Anexo 10. Inspección con lámpara de luz negra**

Finalmente se limpia el área inspeccionada del penetrante y revelador presente, con la ayuda de un solvente (cleaner), ya que la presencia de estos puede provocar la oxidación acelerada y posibles defectos posteriores.



**Anexo 11. Limpieza del área inspeccionada**